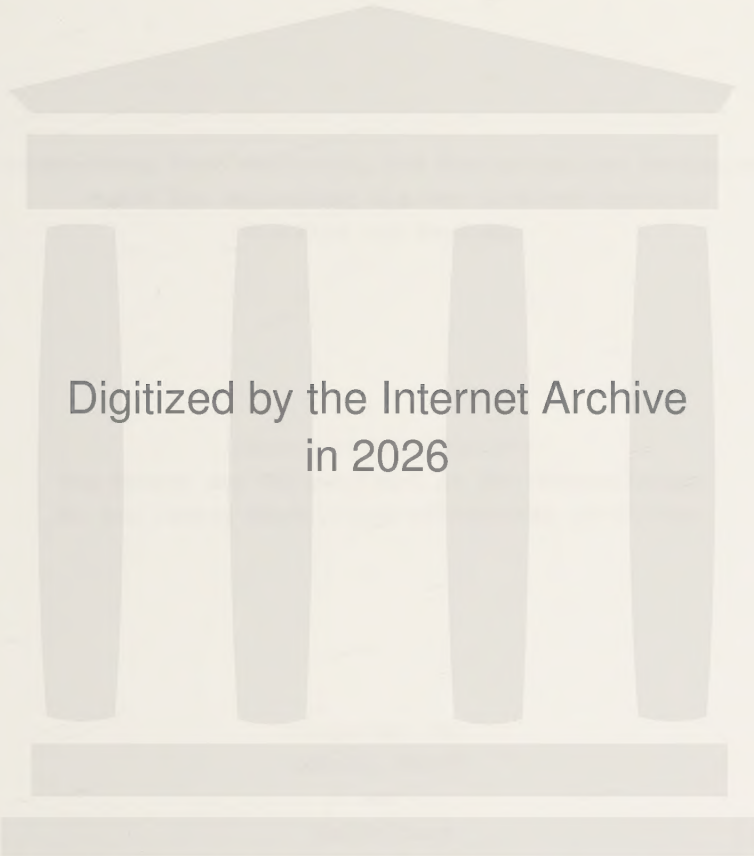


Untersuchung über
skelettale und dentoalveoläre
Veränderungen durch die Behandlung
mit dem Kombinationsgerät
Bionator und Headgear

Ludwig Mesch

*Diss
München
1905*



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus der Fachpraxis für Kieferorthopädie
Connollystr. 4, 8000 München 40
Prof. Dr. Ingrid Janson

Untersuchung über skelettale und dentoalveoläre Veränderungen
durch die Behandlung mit dem Kombinationsgerät
Bionator und Headgear

Inaugural-Dissertation
zum Erwerb des Doktorgrades in der Zahnheilkunde
an der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Ludwig Mesch
aus
Gräfelfing

München 1985

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter:	Prof. Dr. I. Janson
Mitberichterstatter:	Prof. Dr. F. Ascher
Dekan:	Prof. Dr. W. Spann
Tag der mündlichen Prüfung:	14. November 1985

Meiner Frau gewidmet

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
I. EINFÜHRUNG	1
II. LITERATURÜBERSICHT	3
1. Aktivator/Bionator	3
1.1 Historie und Konstruktion der Geräte	3
1.2 Chronologische Übersicht über Longitudinal- studien zur Wirkungsweise der KFO-Geräte insbesondere des Aktivators	9
2. Headgear	22
2.1 Historie der extraoralen Verankerung	22
2.2 Mechanische und biophysikalische Grund- prinzipien bei der Anwendung von extra- oralen Verankerungen	24
2.3 Chronologische Übersicht über Longitudinal- studien zur Wirkungsweise des Headgears	30
2.4 Gegenüberstellung der Literaturaussagen zur Wirkungsweise des zervikalen Headgears	44
2.5 Differenzierung der Krafteinwirkung	47
3. Kombinationsbehandlung: Aktivator und Headgear	51
III. FRAGESTELLUNG	61
IV. EIGENE UNTERSUCHUNG	63
1. Material	63
1.1 Auswahlkriterien bei der Bildung der Untersuchungsgruppe	63
1.1.1 Klasse II-Malokklusion	63
1.1.2 Kombinationsbehandlung: Bionator und Headgear	63
1.1.3 Dokumentation	63
1.2 Spezielle kieferorthopädische Behand- lungsaufgaben	64
1.3 Beschreibung der angewandten Behand- lungsgeräte	65
1.4 Untersuchungsablauf	67
1.4.1 Anfangsbefund	68
1.4.2 Endbefund	68
1.4.3 Behandlungsprotokoll	68

	Seite
2. Methode	69
2.1 Dokumentationsunterlagen	69
2.1.1 Fernröntgenseitenaufnahme des Kopfes	69
2.1.1.1 Aufnahmebedingungen	69
2.1.1.2 Kephalometrie	70
2.1.1.3 Fehleranalyse	86
2.1.2 Orthopantomogramm (OPT)	88
2.1.2.1 Aufnahmebedingungen	88
2.1.2.2 Definition der OPT-Variablen	89
2.1.3 Modellanalyse	92
2.1.3.1 Technische Daten	92
2.1.3.2 Definition der Modellvariablen und die Beschreibung der Meßmethoden	92
2.1.4 Handröntgenaufnahme (HA)	108
2.1.4.1 Technische Daten	108
2.1.4.2 Analyse nach PYLE und BJÖRK	109
2.2 Untersuchungsbeschreibung	112
2.2.1 Gruppeneinteilung	112
2.2.2 Statistisches Vorgehen	112
V. ERGEBNISSE	116
1. Anfangsbefund, differenziert nach vorpuber- tärer und pubertärer Gruppe	116
1.1 Fernröntgenseitenbild	116
1.1.1 Skelettale Aussage	116
1.1.2 Dentoalveoläre Aussage	117
1.2 Orthopantomogramm	118
1.3 Modell	118
2. Endbefund - Mittelwerte und Standardabweichun- gen - differenziert nach vorpubertärer und pubertärer Gruppe	119
2.1 Fernröntgenseitenbild	119
2.1.1 Skelettale Aussage	119
2.1.2 Dentoalveoläre Aussage	120
2.2 Orthopantomogramm	120
2.3 Modell	121

	Seite
3. Differenzen	121
3.1 Differenzen zwischen Anfangs- und End- befund der vorpubertären und pubertären Gruppe	121
3.1.1 Fernröntgenseitenbild	121
3.1.2 Orthopantomogramm	123
3.1.3 Modell	123
3.2 Differenzen zwischen den Anfangs- und End- befunden von vorpubertärer zu pubertärer Gruppe	125
VI. DISKUSSION	126
1. Spezielle Diskussion der Ergebnisse für die einzelnen Variablen am Röntgenbild und Modell in der vorpubertären und pubertären Gruppe	126
1.1 Kephalometrische Variablen	126
1.2 Orthopantomogramm-Variablen	134
1.3 Die Variablen der Modellanalyse	136
1.3.1 Intramaxillär	136
1.3.2 Intramandibulär	138
1.3.3 Intermaxillär	140
1.3.4 Qualitative Variablen	141
2. Allgemeine Diskussion	143
2.1 Skelettaler Bereich	143
2.2 Dentoalveolärer Bereich	145
VII. SCHLUSSFOLGERUNGEN	149
VIII. ZUSAMMENFASSUNG	153
IX. LITERATURVERZEICHNIS	156
X. ABBILDUNGEN UND TABELLENANHANG	165
XI. DANKSAGUNG	197
XII. LEBENSLAUF	198

I. EINFÜHRUNG

Die kieferorthopädische Behandlung von Patienten mit Zahn- und Gebißfehlstellungen bedient sich seit jeher einer großen Variation apparativer Behelfe. Diese kieferorthopädischen Geräte lassen sich je nach ihrer Konstruktion als abnehmbare oder festsitzende Apparaturen beschreiben, die auch miteinander kombiniert zum Einsatz kommen können. Neben dieser Einteilung kann eine Differenzierung in intraorale und extraorale Behelfe erfolgen. Die Kombination von extraoralen Geräten mit abnehmbaren Apparaturen ist bei bestimmten Malokklusionen indiziert.

Bei dem sehr häufig auffallenden fehlerhaften Okklusionsbefund "Klasse II oder Distalokklusion der Zahnreihen" können neben den dentoalveolären Disharmonien auch noch basale Unstimmigkeiten vorliegen. Dann ist generell die Frage nach dem Wachstum von größtem Interesse. Hierbei verdient der Zeitraum der vorpubertären und pubertären Reife besonderes Augenmerk.

Für die Reduzierung der sagittalen Diskrepanz bei Kl. II-Malokklusionen stehen für den Kieferorthopäden basale und dentoalveoläre Veränderungen zur Diskussion:

- Einmal kann, wie die klinische Erfahrung gezeigt hat, das Sagittalwachstum der Maxilla kontrolliert werden,
- andererseits können günstige Bedingungen dafür geschaffen werden, daß das Wachstumspotential der Mandibula hilft, die sagittale Diskrepanz zu verringern.
- Weiter läßt sich durch Kippung der Frontzähne oder/und gegensinnige Bewegungen der Zahnreihen die sagittale Stufe beseitigen. Hierbei ist an eine Distalisation im Oberkieferseitenzahngebiet vornehmlich gedacht.

Basale wie dentoalveoläre Abweichungen können in unterschiedlichem Ausmaß miteinander kombiniert vorliegen.

Ein Hilfsmittel zur Lösung der individuell vorliegenden kieferorthopädischen Behandlungsaufgaben bei Patienten mit Kl. II-Malokklusionen ist z.B. das abnehmbare funktionskieferorthopädische Gerät Bionator kombiniert mit einer extraoralen Verankerung, dem zervikalen Headgear.

Dem Bionator kommt dabei die Aufgabe zu, durch die mittels Konstruktionsbiß erzielte Neuorientierung der die Zahnreihen umgebenden Muskulatur für die Ausformung der Zahnbögen und für eine gute Wachstumsadaptation der Mandibula zu sorgen, während der zervikale Headgear hauptsächlich ein nach anterior gerichtetes Wachstum der Maxilla hemmen soll und/oder Distalisierungsaufgaben im Oberkieferseitenzahngebiet übernimmt.

II. LITERATURÜBERSICHT

1. Aktivator/Bionator

1.1 Historie und Konstruktion der Geräte

Die Theorie der Funktionskieferorthopädie geht nach HÄUPL 1957 im wesentlichen auf die Erkenntnisse von W. ROUX 1873, dem Begründer der Entwicklungsmechanik, zurück, der Begriffe wie Funktion, funktioneller Reiz und funktionelle Anpassung in die wissenschaftliche Diskussion einführte und forderte, daß die Orthopädie "in erster Linie funktionelle Orthopädie sein müsse".

P. ROBIN 1902 konstruierte dann erstmals ein funktionskieferorthopädisches Gerät, den Monobloc, der als einheitliche Apparatur sowohl Unterkiefer wie Oberkiefer umfaßte und keine Befestigungs- oder aktive Zusatzelemente besaß. Dieser, von ROBIN als "Turngerät" konzipierte Behelf lag locker im Mund und sollte über eine Beeinflussung der orofacialen Muskulatur eine funktionelle Anpassung der Zahnreihen und der angrenzenden Gewebe bewirken. Voraussetzung dazu ist eine dreidimensionale bestimmte Orientierung des Unterkiefers zum Oberkiefer mittels eines sog. Konstruktionsbisses, auch Arbeitsbiß genannt.

Darauf aufbauend entwickelte schließlich ANDRESEN 1936 den Aktivator, als "norwegisches System" zuerst vorgestellt, dem HÄUPL besonders in Deutschland und deutschsprachigen Ländern Geltung verschaffte. HÄUPL trug wesentlich dazu bei, daß der Aktivator für mehrere Jahrzehnte zum meistverwendeten Behandlungsgerät der deutschen Kieferorthopädie wurde.

Wichtigstes Kriterium für die Herstellung und Wirkungsweise des Aktivators (Abb. 1) (und auch der anderen KFO-Geräte)

ist dabei der Konstruktionsbiß. Mit Hilfe einer Wachssrolle wird die Position des Unterkiefers zum Oberkiefer sagittal im Molaren- und Eckzahngebiet in die sog. Klasse I-Relation eingestellt unter Beachtung der korrekten Mittellinienstellung im Frontzahnbereich, sowie einer vertikalen Bißsperrung von ca. 2 mm zwischen den Inzisivi.

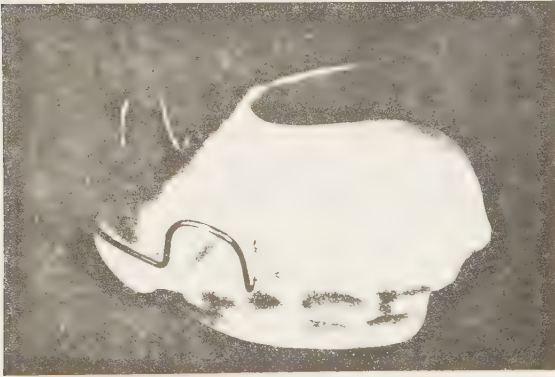


Abb. 1: Aktivator nach ANDRESEN u. HÄUPL
aus: Lehrbuch ASCHER (6)

Das Gerät kann so eine Aufbißrille für die Unterkieferfrontzähne erhalten. Ein Labialbogen führt an den Oberkieferfrontzähnen vorbei, im Seitenzahnbereich werden Führungsflächen aus Kunststoff eingeschliffen, die so präpariert sind, daß sie den Oberkieferzähnen bei der Eruption eine Bewegung nach distal-kaudal-bukkal und den Unterkieferzähnen in umgekehrter Richtung nach mesial-kranial-bukkal erlauben.

Von ANDRESEN, HÄUPL und PETRIK (1957) wird betont, daß funktionskieferorthopädische Geräte wie der Aktivator primär

passiv sind und erst durch die Tätigkeit der Kau-, Lippen-, Wangen- und Zungenmuskulatur aktiv werden; durch die Ausübung funktioneller Reize auf den Knochen und das parodontale Gewebe würde dann der im Sinne der Behandlung erwünschte Gewebsumbau ausgelöst werden.

Als Indikationsgebiet geben sie sowohl Klasse II-Malokklusionen in Verbindung mit Tiefbiß und Kieferkompression, wie auch Dysgnathien des progenen Formenkreises an.

Im Verlauf der weiteren Entwicklung der Funktionskieferorthopädie wurde der klassische Aktivator in vielfältiger Weise modifiziert. Einige bekannte Variationen seien aufgeführt:

- der "Propulsor" nach MÜHLEMANN 1948
- der "Kinotor" nach STOCKFISCH 1953
- der "elastische Gebißformer" nach BIMLER 1954
- der "offene Aktivator" nach KLAMMT 1953
- der "Distalbißaktivator" nach HERREN 1955
- der "Bionator" nach BALTERS 1960
(auf den noch genauer eingegangen wird)
- der "Funktionsregler" nach FRÄNKEL 1963.

Nach HOTZ 1970 ist diesen kieferorthopädischen Behelfen gemeinsam, daß sie "durch Änderung der Bißlage eine Störung im Muskelgleichgewicht im Sinne einer Aktivierung und Übertragung von Kräften auf die Zähne und Kiefer bezwecken".

BALTERS 1964 sieht in einem gestörten Gleichgewicht zwischen innerer und äußerer Muskulatur, insbesondere bei Zungenfunktionsstörungen, die Hauptursache für die Entstehung von Gebißverformungen; seiner Meinung nach bestimmt "das Gleichgewicht zwischen Zunge und Wange bzw. Zunge und Lippe, in Höhe, Breite und Tiefe bei größtmöglichem Mundraum über naturgesunde Zahnreihen und Zahnreihenbeziehungen. Jede Störung führt zu einer Gebißverformung, zu der sich während des Wachstums

noch Wachstumsstörungen hinzugesellen können. Die Zunge ist der für die Gebißentwicklung wesentlichste Faktor. Im Reflexgeschehen der Mundhöhle steht sie im Mittelpunkt". Folglich richtet er seine Therapie hauptsächlich auf eine Einflußnahme auf die Zunge und die vestibuläre Muskulatur aus. Der Sicherung des Lippenschlusses und der Vergrößerung des Mundraumes zur Übung der Mundraumfunktion kommt vorrangige Bedeutung zu.

Diese von BALTERS als "spezielle Bionatortherapie" bezeichnete Behandlungsmethode erfährt eine Ergänzung durch die "allgemeine Bionatortherapie", die als Ziel die Beseitigung von Haltungsschäden und auch von Stoffwechselstörungen hat; BALTERS unterstreicht die Ganzheitlichkeit der Bionatortherapie und fordert, daß die Therapie "umfassend" sein müßte (BALTERS 1964).

Das Bionatorsystem kennt drei Gerätetypen zur Behandlung von Dysgnathien: das Grundgerät, das Umkehrgerät und das Abschirmgerät. Der hier interessierende Gerätetyp ist das Grundgerät, von BALTERS für die Behandlung von Distalbisssen und Kompressionsanomalien empfohlen.

Der Funktionsbiß als basales Element zur Herstellung des Gerätes erfolgt wieder unter Beachtung der Mitte von Oberkiefer- zu Unterkieferfrontzähnen, jedoch in Kopfbißstellung. Ausnahme bilden Fälle mit ausgeprägter Protrusion der Oberkieferfront, bei denen der Unterkiefer bis zur Klasse I-Relation der Eckzähne nach vorn geführt wird. Die Fixation des Unterkiefers in Kopfbißstellung bzw. Klasse I-Relation im Eckzahngebiet erbringt die Voraussetzung zur Übung der Mundraumfunktion, zur Sicherung des Lippenschlusses und zur Neuorientierung der Zunge. Das Gerät besitzt außerdem einen Zungenbügel, dem die Aufgabe zukommt, den rückwärtigen Teil der Zunge zu stimulieren. Ein Lippenbügel, der im Prämola-

renbereich in sog. Buccinatorschlaufen übergeht, verläuft anterior von den Oberkieferzähnen. Die Buccinatorschlaufen sollen nach BALTERS verhindern, daß ein durch den Lippen-schluß bedingter Sog die Weichteile in den durch den Funktionsbiß entstandenen Spalt zwischen den Kauflächen hineinzieht; ferner soll in diesem Bereich die mimische Muskulatur abgehalten werden, um so den Zahnreihen eine Transversalentwicklung ohne störenden Weichteileinfluß zu ermöglichen.

Dieses Grundgerät BALTERS wurde von ASCHER (1968) variiert: Der Konstruktionsbiß sieht eine vertikale Bißsperrung von 2 mm anterior vor, wie beim klassischen Aktivator. Die Unterkieferfrontzähne erhalten so eine Aufbißrille, die einmal ein Vertikalwachstum dieser Zähne verhindern und zum anderen auch sagittal abstützen. (Abb. 2)

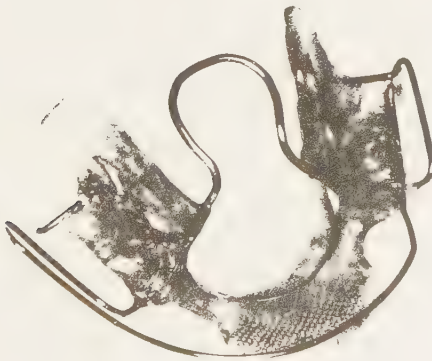


Abb. 2: Bionator nach BALTERS in der Modifikation
nach ASCHER

Der Grund für dieses Vorgehen liegt für ASCHER auch darin, daß bei vielen Distalbißfällen mit protrudierter Oberkieferfront und damit ausgeprägter Frontzahnstufe der Konstruktionsbiß in Kopfbißposition zu einer zu großen Anpassung für die nach sagittal orientierte Muskulatur führt. So wird der Unterkiefer in diesen Fällen in Klasse I-Relation im Eckzahngebiet orientiert (also nicht übermäßig nach anterior geholt), wieder unter sorgfältiger Berücksichtigung der Mitte und ca. 1-2 mm Bißsperrung im Bereich der Inzisivi.

Die bei dieser Form des Konstruktionsbisses vertikal fehlende Abstützung wird durch den "Kunststoffüberwurf" kompensiert. Die Oberkieferfrontzähne erhalten eine gute Abstützung auf diesem Kunststoffüberwurf, bei stark protrudierten Oberkieferfrontzähnen werden sie von labial her auch mit Kunststoff überfaßt. Eine schnelle Extrusion im Seitenzahnbereich kann beobachtet werden, die in Anbetracht der bei den meisten Fällen notwendigen Bißnivellierung besonders wünschenswert erscheint.

Im weiteren Verlauf der Behandlung, wenn die Oberkieferfront-Protrusion beseitigt ist, kann gegebenenfalls ein Konstruktionsbiß in Kopfbißstellung genommen werden.

Neben der Aufbißbrille sind nach Empfehlung von ASCHER mesial der Sechsjahrmolaren im Oberkiefer Dorne angebracht. Diese verbessern den Halt des Gerätes im Oberkiefer, verhindern bei Erschlaffung der Kaumuskulatur in der Nacht, daß Gerät und Unterkiefer nach dorsal absinken. Hinzu kommt, daß die nach marginal abgewinkelten Oberkieferdorne dafür sorgen sollen, daß sich das posteriore Seitenzahnsegment nicht zu sehr transversal erweitert.

Die Kriterien, die beim Einschleifen des Bionators im Seitenzahnbereich beachtet werden müssen, sind denen beim Aktivator gleichzustellen. Zuerst werden die okklusalen Flächen der Molaren freigeschliffen. Die Stützzone behält vor allem

bei Milchzähnen ihre Auflage. Entsprechend dem Verlauf des Zahnwechsels werden die übrigen bleibenden Zähne in die Einschleifmaßnahmen mit einbezogen.

Im Hinblick darauf, daß in dem folgenden Abschnitt über die Wirkungsweise der KFO-Geräte sowie auch in der Literatur über die Kombinationsbehandlung ausschließlich Studien mit sog. Aktivatoren zur Darstellung kommen, seien zum Abschluß einige Unterschiede zwischen Aktivator und Bionator zusammengefaßt:

Nach ASCHER 1968 erlaubt speziell der Bionator aufgrund seiner grazilen Konstruktion und auch wegen des Wegfalls des palatinal-frontalen Plattenteiles in der Regel ein relativ ungehindertes Sprechen. So kann das Gerät von Patienten leichter akzeptiert und vor allem auch tagsüber getragen werden. Ferner beeinflusst die nach distal geschlossene Cof-finfeder durch Reizsetzung die Zungenlage. Diese kommt so aus ihrer rückwärtigen Lage mehr nach vorne und balanciert das Gerät in der richtigen Position. Die Buccinatorschlaufen verhindern das Einlagern der Wangenweichteile in die freigeschliffenen Interokklusräume, damit die Eruption der verkürzten Seitenzähne nicht behindert wird (JANSON 1977).

1.2 Chronologische Übersicht über Longitudinalstudien zur Wirkungsweise der KFO-Geräte, insbesondere des Aktivators

Obwohl der Aktivator schon 1936 von ANDRESEN und HÄUPL in die Praxis eingeführt wurde, ist die Diskussion über die Wirkung des Gerätes auf dentoalveoläre und skelettale Strukturen noch nicht beendet. Dies dürfte daran liegen, daß es sehr schwierig ist, wachstumsbedingte Änderungen von behandlungsbedingten Änderungen zu trennen (LIEB 1968). Eine Vielzahl von Untersuchungen wurde zur Klärung dieses Problems auf verschiedenen Gebieten bereits durchgeführt: Studien an Modellen und Röntgenbildern sowie histologische Untersuchungen an Tieren.

Unterschiedliches Vorgehen bei der Auswahl von Behandlungs- und Vergleichsgruppen, sowie unterschiedliche Auswertungstechniken von Fernröntgenseitenbildern erschweren mit Sicherheit einen Vergleich der Arbeiten der einzelnen Autoren (schon 1957 verglichen KROGMANN und SASSOUNI 45 verschiedene Auswertungstechniken miteinander).

Die zum Teil gegensätzlichen Ergebnisse sind sowohl auf eine unzureichende Auswahl der Probanden (WOODSIDE 1973) wie auf eine mangelnde Differenzierung einzelner Wachstumsstadien (JANSON 1977) zurückzuführen.

Zwar herrscht weitgehend Einigkeit über die durch das funktionskieferorthopädische Gerät induzierten dentoalveolären Änderungen, jedoch wird die Frage, ob die Aktivatorbehandlung zusätzliches Unterkieferwachstum auslöst, bis heute kontrovers diskutiert. Viele Vertreter vornehmlich der nordamerikanischen und skandinavischen Schule lehnen dies ab, unter Hinweis auf den Lehrsatz SICHERS (1959), der besagt, daß ein Wachstum über das genetisch festgelegte Wachstumspotential nicht möglich ist und konzipieren für den skelettalen Bereich lediglich die Möglichkeit einer Wachstumshemmung im Oberkiefer (z.B. BJÖRK 1951, DIETRICH 1973, HARVOLD 1971, JAKOBSSON 1967, LIEB 1968, WOODSIDE 1973, JANSON 1977, WIESLANDER 1979).

Andere Autoren, hier viele aus dem deutschsprachigen Raum, behaupten wiederum, daß ein zusätzliches Unterkieferwachstum durch funktionskieferorthopädische Behandlung möglich sei (z.B. BALTERS 1964, MEACH 1966, ASCHER 1968) bzw. nicht ausgeschlossen werden könne (FRÄNKEL 1970, DEMISCH 1973).

Der folgende Abschnitt gibt einen selektiven Überblick zu der in der Literatur dazu geführten Diskussion. Es werden hauptsächlich wissenschaftliche Studien berücksichtigt, die infolge einer Gegenüberstellung von Behandlungs- zu Vergleichsgruppen einen realistischen Aussagewert besitzen.

BJÖRK 1951 stellt bei Aktivatorbehandlung im skelettalen Bereich keine Veränderung des natürlichen Wachstumsablaufs fest. Den Behandlungserfolg führt er auf die natürliche basale Entwicklung zurück, die mit der pubertären Reife korreliert ist. Die Hauptwirkung des Aktivators liegt nach BJÖRK im dentoalveolären Bereich, wobei als Nebenwirkung eine starke Protrusion der Unterkieferfront auffällt.

MEACH 1966 beobachtet in einer kephalometrischen Studie die Veränderungen, die sich innerhalb eines Zeitraumes von ca. 2 - 2 1/2 Jahren bei einer mit Aktivator behandelten Klasse II/1-Gruppe, bei einer weiteren mit Headgear behandelten Klasse II/1-Gruppe sowie einer unbehandelten Kontrollgruppe, allerdings hier mit normaler Okklusion, ergeben.

Auf Grund unterschiedlicher FRS-Aufnahmebedingungen zwischen Headgear- und Aktivatorgruppe werden nur Winkel zum Vergleich herangezogen. MEACH hebt in seiner Auswertung hervor, daß in Bezug auf das Profil die funktionskieferorthopädische Behandlung der Headgear-Behandlung überlegen sei. Beim Aktivator kommt die Profilverbesserung durch Vorverlagerung des Pogonions zustande, während die Headgear-Behandlung den A-Punkt in dorsal-sagittaler Richtung reduziert, was oft zu einem unerwünschten "Großnasenprofil" führe. Die Vorverlagerung des Pogonions wird von MEACH als Einfluß der funktionskieferorthopädischen Behandlung interpretiert. Weiterhin stellt er bei der Headgear-Gruppe die bekannte Distalisation der Oberkiefersechsjahrmolaren und damit verbunden eine Öffnung des Mandibularebenenwinkels fest. Die Aktivatorgruppe zeigt hingegen in Bezug auf die Veränderung der Position der Sechsjahrmolaren im Oberkiefer und des Mandibularebenenwinkels ein ähnliches Verhalten wie die unbehandelte Kontrollgruppe. In diesen beiden Gruppen bewegen sich die Molaren nach vorne-unten und die Mandibula wird anterior rotiert, was zu einer Verkleinerung des Mandibularebenenwinkels führt.

JAKOBSSON 1967 untersuchte an zwei Gruppen von Patienten mit Klasse II/1-Malokklusion die Auswirkungen einer funktionskieferorthopädischen Behandlung sowie einer Headgear-Behandlung.

16 Patienten, deren Alter zu Beginn der Untersuchung bei 8 1/2 Jahren lag, erhielten 18 Monate lang eine Behandlung mit dem Aktivator, 17 Patienten (Durchschnittsalter ebenfalls 8 1/2 Jahre) mit dem zervikalen Headgear. Eine dritte Gruppe von Patienten im Alter zwischen 8 und 9 Jahren mit gleichem Malokklusionstyp (19 Fälle) diente als Kontrollgruppe (die Behandlung dieser Gruppe erfolgte zu einem späteren Zeitpunkt).

Mit einer Kephalometrischen Analyse stellt JAKOBSSON fest, daß dem Aktivator in erster Linie eine dentoalveoläre Wirkung zugeschrieben werden kann. Er findet eine deutliche Retrusion der Oberkieferfront, eine leichte Protrusion der Unterkieferfront und als Summeneffekt eine hochsignifikante Reduzierung der Frontzahnstufe. Der Einfluß des Aktivators beschränkt sich nach seinen Ergebnissen aber nicht nur auf den dentoalveolären Bereich. So zeigt der Vergleich von Behandlungs- und Kontrollgruppe, daß das nach anterior gerichtete Oberkieferwachstum bei den behandelten Patienten gehemmt und die Palatinaebene leicht nach posterior rotiert wird (posteriore Rotation ohne Signifikanz).

Weiterhin registriert JAKOBSSON eine Vergrößerung des Mandibularebenenwinkels und des Gonionwinkels sowie in Relation dazu eine signifikante Zunahme der unteren Gesichtshöhe. Hinsichtlich der Position und Länge der Mandibula ist jedoch kein Unterschied zwischen Aktivator- und Kontrollgruppe erkennbar.

JAKOBSSON lehnt somit die These, wonach durch Aktivatorbehandlung ein verstärktes Unterkieferwachstum angeregt werden könnte, ab. Seiner Ansicht nach dominieren bei der funktionskieferorthopädischen Behandlung die Veränderungen in der vertikalen Dimension.

LIEB 1968 geht ebenfalls in einer kephalometrischen Untersuchung der Frage nach, ob durch funktionskieferorthopädische Therapie eine behandlungsbedingte Lageveränderung der Unterkieferbasis nach anterior erreicht werden kann. Er vergleicht dazu die Ergebnisse einer unbehandelten Kontrollgruppe (41 Fälle), die größtenteils normale Okklusionsverhältnisse zeigt, mit denen einer Behandlungsgruppe mit Distalbiß (20 Fälle), bei der der Aktivator (in einzelnen Fällen der Bionator) eingesetzt wurde.

Zur Auswertung benützt LIEB Streckenmessungen (Artikulare-Pogonion, Nasion-Spina anterior und Nasion-Spina posterior), da so das Untersuchungsergebnis durch eventuelle Translations- und Rotationsbewegungen der Mandibula nicht beeinträchtigt wird.

Bei der Analyse der unbehandelten Vergleichsgruppe stellt LIEB eine hochsignifikante Korrelation zwischen dem "Mittelgesichtswachstum" (addierte Strecken Nasion-Spina anterior und Nasion-Spina posterior) und der Zunahme der Unterkieferlänge fest. Unter Zugrundelegung der Hypothese, daß bei Distalbißokklusion eine ähnliche Relation vorliegt, vergleicht LIEB bei der Behandlungsgruppe den zu erwartenden Unterkieferlängenwert mit dem gemessenen Wert und kommt zu dem Ergebnis, daß ein zusätzlich behandlungsbedingtes Unterkieferwachstum nicht nachzuweisen ist. Er sieht allerdings "Anzeichen, die für eine erfolgte Hemmung des sagittal gerichteten Wachstums der Oberkieferregion sprechen".

FRÄNKEL 1970 befaßt sich in einer Longitudinalstudie mit dem Problem der therapeutischen Beeinflußbarkeit der basalen Entwicklung von Oberkiefer und Unterkiefer. Er untersuchte dazu 64 Patienten im Alter von 6 - 13 Jahren, die durchschnittlich 10 Monate mit dem Funktionsregler behandelt wurden.

Für die Auswertung der FRS-Bilder verwendet FRÄNKEL ähnlich wie LIEB Streckenmessungen zwischen Basion und maxillären und mandibulären Referenzpunkten. Ferner nimmt er eine Einteilung von 47 Patienten in drei Gruppen vor (je zwei Gruppen

mit Behandlungsbeginn zwischen 6- 9 und eine Gruppe mit Behandlungsbeginn mit 9- 13 Jahren). Zur Bestimmung des Behandlungseinflusses unterscheidet FRÄNKEL bei den Patienten eine "aktive Phase" der Bißverschiebung (Dauer ca. 10 Monate) von einer "passiven Phase" der Beobachtung bzw. Retention (Dauer ca. 20- 25 Monate).

Die Zunahme der mandibulären Meßstrecken ist in der "aktiven Phase" bei allen drei Gruppen deutlich größer als in der "passiven Phase" (besonders bei der Gruppe 9- 13 Jahre).

FRÄNKEL zieht daraus den Schluß, daß die Anterior-Entwicklung des Unterkiefers im wesentlichen auf die Behandlung zurückzuführen ist; als dentoalveoläre Veränderung fällt vor allem eine hochsignifikante Distalisierung der Oberkiefer-Sechsjahrmolaren in den beiden Gruppen von 6- 9 Jahren auf (eine der beiden Gruppen enthält fast ausschließlich Klasse II/2-Fälle).

Die signifikante Lageveränderung des Nasions in der Gruppe 9- 13 Jahre interpretiert FRÄNKEL als "Ausdruck verstärkter Pneumatisation der Stirnhöhle".

HARVOLD und VARGERVIK 1971 prüfen in einer Studie fünf in Zusammenhang mit einer Aktivatorbehandlung formulierte Thesen auf ihre klinische Relevanz. Dabei werden die Ergebnisse einer Behandlungsgruppe denen einer Kontrollgruppe nach einjähriger Beobachtungszeit gegenübergestellt und die Unterschiede auf Signifikanz getestet. (Je 20 Fälle mit dem gleichen Klasse II-Malokklusionstyp im Alter von 6- 12 Jahren.)

Bei der Beschreibung der Behandlungsmethode weisen HARVOLD und VARGERVIK darauf hin, daß nur die okklusalen Flächen der Unterkieferseitenzähne zur Verlängerung freigeschliffen wurden.

Die statistische Analyse der FRS-Streckenmessungen ergibt, daß die These einer behandlungsbedingten Zunahme der Unterkieferlänge nicht aufrechterhalten werden kann, da die mandi-

bulären Meßstrecken in Aktivator- und Kontrollgruppe in gleicher Weise zunehmen. Die vielfach vertretene Ansicht, die Oberkieferseitenzähne würden nach distal und die Unterkieferseitenzähne umgekehrt nach mesial bewegt, wird ebenfalls nicht bestätigt.

Dagegen beobachten HARVOLD und VARGERVIK eine signifikante Erhöhung des Unterkieferalveolarfortsatzes sowie eine Vergrößerung der unteren Gesichtshöhe. In Übereinstimmung mit JAKOBSSON stellen sie ferner eine Hemmung des Oberkieferwachstums in sagittaler Richtung und eine Reduzierung der Frontzahnstufe durch Palatinal-Kippung der Oberkieferfront fest. Entscheidend für die Korrektur der Klasse II ist nach Meinung HARVOLDs und VARGERVIKs die vertikale Vergrößerung des Unterkieferalveolarfortsatzes und etwas abgeschwächt das reduzierte Sagittal-Wachstum der Maxilla neben den Veränderungen im dentoalveolären Bereich.

Da die Extrusion im Unterkieferseitenzahnbereich mit einer Zunahme der unteren Gesichtshöhe verbunden war, ziehen sie den Schluß, daß ein großer Mandibularebenenwinkel eine Kontraindikation für die Aktivatorbehandlung darstellt.

DEMISCH 1973 wertet zur Überprüfung klinischer Beobachtungen die Behandlungsergebnisse von 28 mit dem Aktivator nach HERREN behandelten Patienten aus. Für die Bildung der Untersuchungsgruppe war das Vorliegen eines bilateralen Distalbisses um eine Prämolarenbreite ausschlaggebend. Der durchschnittlich 14monatigen Behandlungsphase geht eine ca. neunmonatige prätherapeutische Beobachtungsphase voraus, die allerdings nur bei 16 Fällen vollständig dokumentiert wurde.

Aus der gleichmäßigen Verteilung des Alters der 24 erfolgreich behandelten Patienten folgert DEMISCH, daß zwischen behandlungsbedingten Veränderungen und dem pubertären Wachstumsschub kein direkter Zusammenhang besteht. Beim Vergleich der prätherapeutischen und der therapeutischen Phase beobachtet er signifikante Veränderungen von SNA (Abnahme), SNB

(Zunahme) und ANB (hochsignifikante Abnahme um $1,4^\circ$), der SNPg-Winkel zeigt jedoch keinen signifikanten Unterschied.

DEMISCH schreibt die gefundenen Veränderungen dem Einfluß des Gerätes zu und erklärt die nichtsignifikante Zunahme von SNPg in der Behandlungsperiode damit, daß in vielen Fällen der vertikale Vektor bei der Unterkieferverlagerung überwiegt. Signifikante Unterschiede zwischen den Abständen von Gnathion zu dem konstruierten Punkt MA in der Beobachtungs- und Behandlungsphase bestärken DEMISCH vielmehr in der Ansicht, daß die Aktivatorbehandlung ein zusätzliches Unterkieferwachstum auszulösen vermag.

DIETRICH 1973 versucht in einer kephalometrischen Nachuntersuchung zu klären, ob durch Aktivatorbehandlung eine Änderung der sagittal-basalen Relation von Oberkiefer zum Unterkiefer herbeigeführt werden kann und inwieweit diese Korrektur der skelettalen Klasse II auf Veränderungen der sagittalen Position von Unterkiefer bzw. Oberkiefer beruht.

Die Untersuchung umfaßt 25 Klasse II/1-Fälle (Nicht-Extraktionsfälle), die im Alter von 9 - 9 $\frac{1}{2}$ Jahren ca. 18 Monate behandelt und aus einer größeren Zahl von Patienten selektiert wurden, wenn eine Klasse I-Einstellung erfolgt war und zusätzlich der Mandibularebenenwinkel die Neigung von 40° nicht überschritten hatte. Daraus wurde eine günstige horizontale Wachstumstendenz des Unterkiefers abgeleitet.

Im Vergleich zum Ausgangsbefund findet DIETRICH signifikante Veränderungen von SNA ($-0,88^\circ$), SNB ($+0,66^\circ$) und ANB ($-1,50^\circ$); der ML-NSL-Winkel wird unwesentlich verändert.

Gegenüber den skelettalen Änderungen zeigen die dentoalveolären Werte Veränderungen größeren Ausmaßes: so beträgt die Retrusion der Oberkieferfront 9° und die Protrusion der Unterkieferfront $3,6^\circ$; die Holdaway-Differenz nimmt um $1,6^\circ$ zu.

DIETRICH vergleicht nun ihre Messungen mit den Werten einer unbehandelten, von VAN DER LINDEN untersuchten Gruppe mit

Normalokklusion, die vom siebten Lebensjahr an über einen Zeitraum von 4 Jahren kontrolliert wurde.

Die statistische Auswertung zeigt, daß außer den dentoalveolären Veränderungen nur die Reduzierung des SNA-Winkels auf den Einfluß des Gerätes zurückgeführt werden kann; für die Zunahme des SNB-Winkels läßt sich kein signifikanter Unterschied nachweisen. DIETRICH schließt daraus, "daß sich die Wirkung des Aktivators in skelettaler Hinsicht auf eine Reduktion der anterioren Wachstumskomponente des Oberkiefers beschränkt".

Ferner kritisiert sie als unerwünschte Veränderung die Protrusion der Unterkieferfront, die sie als eine allgemeine Mesialbewegung des Unterkieferzahnbogens ansieht und verweist diesbezüglich auf die günstigeren Ergebnisse der Kombinationsbehandlung mit Aktivator und Headgear von PFEIFFER und GROBÉTY (vgl. Seite 44).

WOODSIDE 1973 konnte bei der Gegenüberstellung einer mit Aktivator behandelten Gruppe zu einer Kontrollgruppe (jeweils 27 Fälle im Alter von 7 - 13 Jahren) zeigen, daß die Unterkieferwachstumsrate der Behandlungsgruppe sich in Ausmaß und Geschwindigkeit nicht von jener der Vergleichsgruppe unterscheidet. Folglich sei die These eines zusätzlichen behandlungsbedingten Unterkieferwachstums nicht akzeptabel.

Im Bezug auf die Beeinflussung des Oberkiefers beobachtet WOODSIDE ein vermindertes Sagittalwachstum in der Behandlungsgruppe und weist darauf hin, daß die Größe dieser Veränderung von der Höhe des gewählten Konstruktionsbisses abhängt.

Um die Wirkung eines funktionskieferorthopädischen Behelfes isoliert darstellen zu können, vergleicht JANSON, I. 1977 in einer kephalometrischen Studie die Ergebnisse einer Behandlungsgruppe (134 Fälle) mit den in Bezug auf den Ausgangsbefund homogenen Werten einer Kontrollgruppe (73 Fälle).

Beide Gruppen haben zu Beobachtungsbeginn eine Klasse II-Okklusion. Sie differenziert nach skelettaler Reife (Handröntgenbefund) in vorpubertäre und pubertäre Stadien und entsprechend der Fernröntgenanalyse nach HASUND in orthognathen und retrognathen Gesichtstyp (abhängig vom Wert SNA).

Die Behandlung erfolgte mit dem Bionator nach BALTERS in der Modifikation nach ASCHER (1968). Der Behandlungszeitraum betrug vom ersten zum zweiten Beobachtungszeitpunkt bei den vorpubertären Patienten durchschnittlich 13 und bei den pubertären Patienten ca. 16 Monate.

Die statistische Analyse der Differenzen von Behandlungs- und Vergleichsgruppe läßt deutlich erkennen, daß nur im dentoalveolären Bereich ein Einfluß des Gerätes gesichert dargestellt werden kann. Die Veränderungen im skelettalen Bereich müssen generell auf natürliches Wachstum zurückgeführt werden.

Bei den behandlungsbedingten dentoalveolären Veränderungen findet JANSON eine Retrusion der Oberkieferfront mit Kippung der Zahnachsen nach palatinal, eine Protrusion der Unterkieferfront sowie folgedessen eine ausgeprägte Verkleinerung der sagittalen Frontzahnstufe.

Die getrennte Betrachtung von vorpubertärer und pubertärer Behandlungsgruppen ergibt ferner, daß die dentoalveoläre Wirkung des Gerätes vor der Pubertät größer ist als in der Pubertät. In Bezug auf den Gesichtstyp (orthognath, retrognath) läßt sich jedoch keine unterschiedliche Beeinflussung feststellen. Sie weist in diesem Zusammenhang darauf hin, daß die primäre Einteilung nur auf der Basis von SNA beruhte. Bei Beurteilung aller fünf Werte, die das Muster des Gesichtstyps nach HASUND (1973) charakterisieren, zeigt sich, daß auch die "retrognathen Gesichter" eine "orthognathe Referenzbasis" haben.

Als Konsequenz dieser Ergebnisse empfiehlt JANSON, den Bionator einmal bei Malokklusionen mit skelettaler Harmonie

und dentoalveolärer Dysharmonie während der gesamten Wachstumsphase einzusetzen, zum anderen bei skelettalen Diskrepanzen, wenn ein gutes Wachstumspotential für den Unterkiefer nach anterior von der Natur erwartet werden kann. Bei ausgeprägten Malokklusionsfällen sollte der günstige Behandlungsspielraum für die dentoalveolären Korrekturen vor der Pubertät ausgenutzt werden. Weiter weist sie darauf hin, daß nicht vergessen werden darf, daß auch vorpubertär Wachstum, wenn auch geringer als pubertär, beobachtet worden ist. Darüber hinaus darf die positive Wirkung des Bionators generell auf die Zunge, den Mundschluß und somit auf die Atmung nicht vergessen werden.

WIESLANDER und LAGERSTRÖM 1979 halten es im Hinblick auf die geringe Zahl von Aktivator-Nachuntersuchungen mit akzeptablen Vergleichsgruppen für erforderlich, durch die Gegenüberstellung einer Behandlungsgruppe mit einer ebenfalls homogenen Kontrollgruppe, die dentoalveolären und eventuellen skelettalen Auswirkungen einer Aktivatorbehandlung zu studieren. Zu diesem Zweck behandelten sie 30 Patienten im Alter von 10 Jahren durchschnittlich 3 Jahre mit der ANDRESEN-Apparatur und werteten dann die Ergebnisse zusammen mit denen einer gleichgroßen Kontrollgruppe aus. Die Probanden beider Gruppen zeigten zu Beginn der Untersuchung den gleichen Malokklusionstyp, nämlich skelettale Klasse II mit einem durchschnittlichen ANB-Winkel von 6° , wobei zu bemerken ist, daß für die Patientengruppe nur Nicht-Extraktionsfälle mit einer guten Reaktion auf die Behandlung ausgewählt wurden. Trotz vielfältiger Wachstumsunterschiede und verschiedener Behandlungsreaktionen zeigt die statistische Analyse, daß sich der Einfluß des Aktivators vorwiegend im dentoalveolären Bereich manifestiert. Die zu anfangs protrudierten Oberkieferinzisivi der Patientengruppe werden nach palatinal gekippt mit einer Änderung der Zahnachsenneigung um 8° . Die in der Literatur häufig erwähnte Protrusion der Unterkieferfront (BJÖRK 1951, JAKOBSSON 1967, ASCHER 1968, JANSON 1977)

wird nicht bestätigt. WIESLANDER und LAGERSTRÖM finden dagegen bei der Behandlungsgruppe ein verzögertes Durchbrechen der Unterkieferinzisivi, was sie für die Behebung des Tiefbisses als wünschenswert bezeichnen. Die Verbesserung der Molarenbeziehung - das Erreichen einer Klasse I-Verzahnung - führen sie vorwiegend auf eine dentoalveoläre Veränderung der Zähne zurück. Für die skelettalen Variablen stellen WIESLANDER und LAGERSTRÖM fest, daß außer einer Abnahme des ANB-Winkels um $0,9^\circ$ und einer Vergrößerung des Mandibularebenenwinkels, verbunden mit einer Zunahme der unteren Gesichtshöhe keine signifikante Veränderung zu beobachten ist; insbesondere für die Position des Pogonions und für die Unterkieferlänge ist kein auffälliger Unterschied zwischen Vergleichs- und Behandlungsgruppe erkennbar. Die Abnahme des ANB-Winkels kann mit der Auswahl der Behandlungsgruppe ("gutes Ansprechen auf die Behandlung") in Verbindung gebracht werden.

JONAS 1984 studiert in einer kephalometrischen Untersuchung die durch Headgear (s. auch S. 43) bzw. Aktivator eingetretenen Veränderungen des knöchernen und Weichteil-Profils. Das Gesamt-Patientenkollektiv besteht aus 50 erfolgreich (Erreichen der Kl. I) behandelten Kl. II/1-Fällen (Nichtextraktionsfälle); jeweils 25 Patienten im Alter zwischen 9 und 10 Jahren wurden mit einem Aktivator oder Headgear behandelt.

Bei der Aktivatorgruppe beträgt die durchschnittliche Behandlungszeit 29 Monate. Wesentliche Konstruktionsmerkmale des verwendeten Aktivators: geringe vertikale Bißsperre und größere sagittale Vorverlagerung des Unterkiefers beim Konstruktionsbiß, Akryl-Überwurf über Unterkieferfront (mit zusätzlichem UK-Labialbogen) sowie eine Verstärkung der Konstruktion durch 4 Dorne mesial der Sechsjahrmolaren.

Neben linearen Abstandsmessungen zu Knochenpunkten (bezogen auf die Linie N-Pog) wurden lineare Messungen zu Weichteilpunkten sowie die Winkel der knöchernen Konvexität (N-A-Pog),

des Weichteilprofils (N'-Sn-Pog') und des Gesamtprofils (N'-Ns-Pog') durchgeführt.

Im Ergebnis stellt JONAS bei der Aktivatorgruppe eine Reduktion des ANB-Winkels um $1,1^\circ$ fest. Diese Verringerung der sagittalen-skelettalen Diskrepanz kommt ausschließlich durch eine Zunahme des SNB-Winkels zustande; der SNA-Winkel verändert sich in der Untersuchungsperiode nicht.

Neben dieser basalen Veränderung ist bei den dentoalveolären Variablen eine signifikante Verbesserung der Achsenstellung der Oberkieferinzisivi sowie eine bessere Stellung der Inzisalkanten der Oberkiefer/Unterkiefer-Schneidezähne zur N-Pog-Linie erkennbar. Für den Oberkieferbereich läßt sich eine signifikante Korrelation zwischen korrespondierenden Hart- und Weichgewebspunkten nachweisen, für den Unterkieferbereich dagegen nicht.

Die Differenzierung der Aktivatorgruppe in Patienten mit horizontalem und vertikalem Gesichtsschädelaufbau zeigt markante Unterschiede: während beim vertikalen Typ der SNA-Winkel zunimmt (um $1,2^\circ$, 0,5% Signifikanz), ist beim horizontalen Typ eine hochsignifikante Abnahme um $-0,8^\circ$ zu verzeichnen. Der SNB-Winkel nimmt in der Gruppe mit horizontalem Wachstumstrend stärker zu als in der Gruppe mit vertikalem Wachstumstrend (horizontaler Typ: $+1,7^\circ$, vertikaler Typ $+1,0^\circ$, jeweils 5% Signifikanz).

Für den ANB-Winkel ist demnach bei der horizontalen Gruppe eine Reduktion von $2,5^\circ$ festzustellen, wohingegen bei der vertikalen Gruppe der ANB-Winkel um $0,2^\circ$ zunimmt.

Die Verringerung des ANB-Winkels um $2,5^\circ$ bei der Gruppe des horizontalen Typs wird bei den Headgearfällen mit gleichem Gesichtsschädelaufbau nicht erreicht ($-1,4^\circ$). Damit bestätigt JONAS die Ergebnisse von MEACH 1966, der bei seiner Untersuchung dem Aktivator günstigere Profilveränderungen zuschreibt als dem zervikalen Headgear.

Hinsichtlich der Lageänderung von korrespondierenden Hart- und Weichgewebspunkten findet JONAS nur bei der Gruppe mit horizontalem Gesichtsschädelaufbau eine positive Korrelation im Bereich des Oberkiefers.

2. Headgear

2.1 Historie der extraoralen Verankerung

Die Anfänge der Verwendung einer extraoralen Verankerung für orthodontische Zwecke lassen sich bis ins 19. Jahrhundert zurückverfolgen.

GUNNEL 1822 und KNIESAL 1836 benützten eine aus Leder und Seide hergestellte Kopfkappe, die erstmals als extraoraler Behelf eingesetzt wurde.

KINGSLY 1866 verwendete zur Retrusion und Intrusion der Oberkieferfront eine an den Schneidezähnen befestigte Goldschiene, an der im Bereich der Eckzähne zwei Messinghaken angelötet waren; der extraorale Teil des Gerätes bestand aus einer Lederkappe und elastischen, die Kappe mit der Schiene verbindenden Ligaturen.

Das von ANGLE 1888 angegebene Gerät mit extraoraler Abstützung zur Behandlung von protrudierten Schneidezähnen zeigte bereits einige Merkmale moderner Apparaturen. So waren die Frontzähne und Molaren bebändert, die Bänder der Molaren zusätzlich mit angelöteten Röhrchen versehen, in die die Enden eines nach dem Vorbild des idealen Zahnbogens geformten Drahtes eingeführt wurden. Im Frontbereich sorgen labiale Einkerbungen der Bänder dafür, daß sich der vordere Anteil des Bogens in einer entsprechenden Position befand. Als Übertragungsmechanismus zwischen dem intraoralen und extraoralen Teil fungierte ein Zugbalken, an dessen Enden die elastischen Bänder des Kopfnetzes befestigt wurden. Zu erwähnen ist noch, daß vor der Behandlung die beiden ersten Prämolaren entfernt werden mußten (Abb. 3).



Abb. 3: ANGLE-Apparatur von 1888

CASE 1921 beschrieb dann erstmals eine Apparatur, mit der die Oberkiefer-Sechsjahrmolaren distalisiert werden konnten; die Konstruktion und Position des Labialbogens berücksichtigte dabei durch Abstehen im Frontbereich die für die Distalisierung notwendige Platzreserve.

Später gerieten die extraoralen Behelfe durch den von ANGLE empfohlenen Einsatz von intermaxillären Gummizügen mit Vollbebanderung der Zähne etwas in Vergessenheit, bis der Wiener OPPENHEIM 1936 die Methode der extraoralen Verankerung wieder in den Blickpunkt des Interesses rückte.

1947 gelang schließlich S. KLOEHN ein entscheidender Fortschritt, indem er den Innen- und Außenbogen anterior in der Mitte zusammenlötete, wodurch der Patient das Gerät selbst abnehmen konnte. 1953 ersetzte KLOEHN dann den Kopfkappenzug durch den Nackenzug, als zervikaler Headgear bezeichnet.

Mit der Einführung dieser neuen anterior extraoralen Verankerung vollzog sich dann auch ein Wandel in der Einschätzung von orthodontischen Beeinflussungsmöglichkeiten. Sahen BRODIE et al. 1938 die behandlungsbedingten Veränderungen noch ausschließlich auf den Alveolarfortsatz beschränkt, so vertraten NELSON 1953, KLOEHN 1953 und KING 1957 die Ansicht, daß der Einfluß der extraoralen Kraft das nach anterior gerichtete Wachstum des Oberkiefers hemmen würde. Auch MOORE 1959 bestätigte durch seine Untersuchungsergebnisse diese Beobachtung: die Gesichtskonvexität wurde im Verlauf der Behandlung mit Ausnahme eines Falles verringert bzw. verschlechterte sich zumindest nicht.

In den Jahren nach der Propagierung des zervikalen Headgears durch KLOEHN erschien eine Vielzahl von Veröffentlichungen über die klinischen Auswirkungen des zervikalen Headgears, wobei sich etwa ab Mitte der 60er Jahre die kritischen Berichte über auch ungünstige Reaktionen häuften: insbesondere CREEK-MORE 1967, MERRIFIELD und CROSS 1970, ARMSTRONG 1971 und BARTON 1972 warnten vor der undifferenzierten Anwendung des zervikalen Headgears.

2.2 Mechanische und biophysikalische Grundprinzipien bei der Anwendung von extraoralen Verankerungen

Vor der chronologischen Skizze der Literaturaussagen bezüglich der Wirkungsweise des zervikalen Headgears erschien es zweckmäßig, in einer kurzen Übersicht die mechanischen Grundprinzipien der Headgear-Behandlung darzustellen. Zwar können nicht alle Effekte einer extraoralen Verankerung allein durch theoretische Modelle berechnet werden, da Variablen wie der Kaudruck und die Gesichtsmorphologie dabei unberücksichtigt bleiben (MELSEN 1977), nach Meinung zahlreicher Autoren (GOULD 1957, POULTON 1967, KUHN 1968, GREENSPAN 1970, RÜSCH/STÖCKLI 1972, WORMS 1973, TEUSCHER 1976) ist aber die Kennt-

nis der mechanischen Grundlagen die Voraussetzung für das Verständnis der Wirkungsweise von extraoralen Geräten. Mit der Theorie der Headgear-Behandlung befaßten sich u.a. GOULD 1957, KUHN 1968, CHRISTIANSEN und BURSTONE 1969, GREENSPAN 1970, WORMS und Mitarbeiter 1973, OOSTHUIZEN 1973 und TEUSCHER 1976.

Nach WORMS 1973 sind bei der Anwendung einer extraoralen Kraft vier Hauptfaktoren zu beachten:

1. Das Rotationszentrum
2. Die Richtung der extraoralen Kraft
3. Die Kraftgröße
4. Die Dauer der Krafteinwirkung.

Die theoretisch zu erwartende Zahnbewegung läßt sich anhand der Faktoren: Rotationszentrum und Richtung der extraoralen Kräfte erörtern.

CHRISTIANSEN und BURSTONE 1969 haben in ihrer Studie über die Rotationszentren von Frontzähnen die biomechanischen Grundlagen der Headgear-Behandlung beschrieben. Wirkt eine Kraft auf einen frei beweglichen Körper, so kann der Körper darauf mit einer Translation, einer Rotation oder einer Kombination aus Translation und Rotation reagieren.

Verläuft der Kraftvektor durch den Massenschwerpunkt bzw. das Widerstandszentrum des Körpers, so kommt es zu einer geradlinigen Bewegung des Körpers in Richtung der Kraft (Translation).

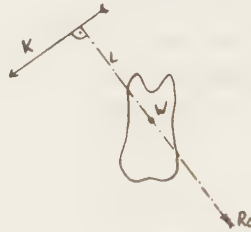
Verläuft der Kraftvektor exzentrisch in Bezug auf das Widerstandszentrum, so entsteht ein Drehmoment, das zusätzlich zur Translation eine Rotation des Körpers verursacht. Dieses Drehmoment ist definiert durch das Produkt von Kraftvektor K mit der Länge des Lotes L vom Widerstandszentrum auf den Kraftvektor.

WORMS und Mitarbeiter 1973 geben als Widerstandszentrum für die Oberkiefersechsjahrmolaren in Übereinstimmung mit GOULD 1957 und ARMSTRONG 1971 den Bereich der Trifurkation an.

Darüber hinaus stellen sie die These auf, daß das Ausmaß einer Rotations- oder Translationsbewegung von der Lage des momentanen Rotationszentrums bestimmt wird. Dieses Rotationszentrum liegt physikalischen Gesetzmäßigkeiten zufolge auf der Verlängerung des Lotes vom Widerstandszentrum.

Abb. 4 (nach WORMS et al.)

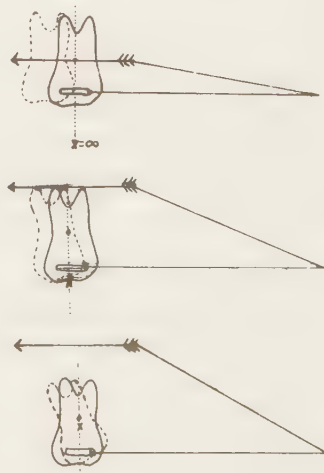
K: Kraftvektor
L: Lot von R_o auf K
W: Widerstandszentrum
 R_o : Rotationszentrum



Je größer die Länge des Lotes (L) vom Widerstandszentrum (W) auf den Kraftvektor (K) ist, desto näher liegt das Rotationszentrum (R_o) am Widerstandszentrum. Ist umgekehrt L klein, d.h. der Kraftvektor läuft nahe am Widerstandszentrum vorbei, so nimmt die Distanz W - R_o stark zu. Für die Praxis läßt sich daraus ableiten, daß mit zunehmendem Abstand des Kraftvektors vom Widerstandszentrum die auf den Zahn wirkenden Kippeffekte größer werden.

Abb. 5 (nach WORMS et al.)

Je größer die Entfernung vom Widerstandszentrum zum Kraftvektor, desto stärker die Kippung ($x = R_o$)



Von klinischem Interesse ist auch das Verhalten der den Verankerungsmolaren benachbarten Zähne. WORMS et al. beobachten für erupierte und nichterupierte Prämolaren und für nichterupierte 2. Molaren bei distaler Krafteinwirkung eine den Verankerungszähnen entsprechende Bewegung nach distal. Sind die 2. Molaren hingegen vollständig durchgebrochen, so nimmt der Widerstand gegen eine nach distal gerichtete Kraft zu und das Widerstandszentrum verändert seine Lage nach koronal.

Die für einen Zahn aufgestellten Grundprinzipien lassen sich in gleicher Weise auf mehrere, zu einer Einheit zusammengefaßte Zähne übertragen. TEUSCHER 1976 gibt als Resistenzzentrum für einen vollbehanderten Zahnbogen (16 bis 26) den Bereich zwischen dem apikalen Drittel der beiden Prämolaren an; für die Maxilla vermutet er ein Resistenzzentrum im Bereich der sutura zygomatico-maxillaris.

TEUSCHER weist aber darauf hin, daß das tatsächliche Verhalten von dentalen Einheiten auf eine Krafteinwirkung nicht ausschließlich von den Rotationszentren, sondern auch von den individuell unterschiedlichen Resistenzwerten abhängt, weshalb das Ausmaß einer Bewegung nicht exakt vorausgesagt werden könne. Folglich dürfe bei einer Behandlung auf eine Verlaufskontrolle nicht verzichtet werden.

Die Krafteinwirkung kann nach dem Gesetz des Parallelogramms der Kräfte in eine sagittale und eine vertikale Kraftkomponente zerlegt werden (in Bezug auf die Okklusionsebene). Der sagittale Kraftvektor beschreibt dabei den Distalisations-, der vertikale Kraftvektor den Extrusions-(Intrusions)effekt der extraoralen Kraft. KUHN 1968 und RÜSCH/STÖCKLI 1972 haben für die gebräuchlichen Zugrichtungen die entsprechenden Vektordiagramme und Drehmomente angegeben. Bei RÜSCH und STÖCKLI sind zusätzlich noch die Länge und die Inklination des Außenbogens berücksichtigt.

Abb. 6 (aus KUHN 1968)

a) zervikaler Headgear



b) okzipitaler Headgear

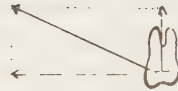


Abb. 7 (aus RÜSCH/STÖCKLI 1972)

zervikaler Headgear mit
langen, nach kaudal an-
gulierten Außenarmen



Aus den Abbildungen 6a und 7 ist ersichtlich, daß die zervikale Zugrichtung neben einer distalisierenden auch eine extrudierende Wirkung hat; demgegenüber läßt sich der Kraftvektor bei high-pull Headgear in eine Distalisations- und Intrusionskomponente aufteilen. WORMS et al. 1973 haben aber darauf hingewiesen, daß der Headgear-Typ (Zugrichtung) alleine nicht vollständig die vertikale Kraftkomponente determiniert, sondern daß zusätzlich noch die Neigung der Okklusionsebene berücksichtigt werden muß.

Als Quintessenz der dargestellten Zusammenhänge empfiehlt BOWDEN 1978 für die klinische Praxis, die Faktoren Verankerungstyp, Gesichtsbogentyp und Angulierung der Außenarme bezüglich eines akzeptablen Kraftvektors aufeinander abzustimmen, damit eine entsprechend gewünschte Translationsbewegung erzielt werden kann.

Kraftgröße und Dauer der Kraftanwendung

Bei der Kraftgröße lassen sich allgemein orthodontische und orthopädische Kräfte unterscheiden (GRABER 1969), wobei der Übergang im Bereich von etwa 400 - 500 Pond liegen dürfte. REITAN 1969 hält die Kraftgröße von 450 Pond bereits als kritisch in Bezug auf mögliche Wurzelresorptionen. Im Gegensatz dazu stehen die Ergebnisse von ARMSTRONG 1971, der bei Klasse II-Fällen an jedem Oberkiefermolaren eine kontinuierliche Zugkraft (Gesichtsbogen eingebunden) von 1250 Pond anlegte für eine Dauer von 1 1/2 bis 3 1/2 Monaten, ohne daß später Wurzelresorptionen nachzuweisen waren; die Behandlung dieser Patienten erfolgte durchwegs in der Wechselgebissperiode. Trotz dieser beträchtlichen Größenunterschiede der eingesetzten Kraft zeigt aber die Durchsicht der in der Literatur veröffentlichten Berichte, daß die Mehrzahl der Behandler bei Patienten im Wechselgebiss eine Kraftgröße von 400 - 600 Pond verwendet.

Bezüglich der Dauer der Krafteinwirkung ist zu differenzieren zwischen den täglichen Tragezeiten, für die gewöhnlich 10 - 14 Stunden angegeben werden und der Gesamtbehandlungsdauer. NORTH CUTT 1975 stellte aber bei einer Überprüfung der Tragezeiten seiner Patienten mittels eines Zeitkontrollinstrumentes fest, daß die meisten Patienten ihren Headgear nur 6 - 7 Stunden täglich trugen, was eine gewisse Unsicherheit betreffs der üblicherweise angegebenen Zeiten aufkommen läßt. Bei der Gesamtbehandlungsdauer schwanken beim zervikalen Headgear die Zeiten zwischen 8 Monaten und 3 1/2 Jahren.

2.3 Chronologische Übersicht über Longitudinalstudien zur Wirkungsweise des Headgears

KLEIN 1957 findet bei 24 Patienten mit Klasse II/1-Malokklusion als auffälligste Veränderung der 1 1/2-jährigen zervikalen Headgear-Behandlung eine Distalisierung sowie eine verstärkte Extrusion der Verankerungsmolaren, die er für die Verlagerung des Unterkiefers nach kaudal und dorsal verantwortlich macht. Seine Untersuchung beinhaltet allerdings keine Kontrollgruppe. KLEIN beschreibt außerdem ein verzögertes Anteriorwachstum der Maxilla und eine posteriore Rotation der Palatinaebene.

RICKETTS 1960 stellt bei seinem Vergleich von 100 mit dem zervikalen Headgear behandelten Patienten mit 100 Kontrollpersonen eindeutige skelettale Auswirkungen bei der Behandlungsgruppe fest. Das nach kaudal-ventral tendierende Wachstum der Maxilla ändert infolge der Einwirkung der extraoralen Kraft seine Richtung nach kaudal-dorsal. Zusätzlich ist noch eine Kippung der Palatinaebene nach posterior zu beobachten. In Relation zur Kontrollgruppe zeigt der xy-Achsenwinkel eine Tendenz zur Öffnung mit einer daraus resultierenden Zunahme der Untergesichtslänge über das normale Maß hinaus. RICKETTS bemerkt dazu, daß bei skelettalen Tiefbißfällen mit prognather Maxilla die Öffnung des xy-Achsenwinkels durchaus wünschenswert sei. Bei retrognathen Fällen führte eine Elongation der oberen Molaren jedoch zu ungünstigen Ergebnissen.

WIESLANDER 1963 prüft die Auswirkungen des zervikalen Headgears auf die fazialen und kranialen Strukturen mittels einer Gegenüberstellung einer Behandlungs- und Vergleichsgruppe (beide Gruppen befinden sich zu Beginn der Untersuchung in der frühen Wechselgebißphase, die Behandlungsdauer beträgt 3 1/2 Jahre).

Er bestätigt die in früheren Veröffentlichungen angegebene Extrusion der Molaren (um 1,3 mm), findet aber bei der Pa-

tientengruppe nur eine leichte, nicht signifikante Zunahme des Mandibularebenenwinkels und eine etwas geringere Anteriorentwicklung des Pogonions. Die Mandibula bewegt sich gerade nach unten. Bei der Maxilla beobachtet er eine Verlagerung von P.T.M., ANS und A nach posterior sowie eine Kippung der Gaumenebene im vorderen Teil nach unten. Aus dem unterschiedlichen Verhalten von Nasion und Basion in Kontroll- und Headgear-Gruppe glaubt er ferner auf eine leichte anteriore Rotation des Keilbeins im Uhrzeigersinn schließen zu können.

WIESLANDER faßt seine Beobachtungen dahingehend zusammen, daß er sagt, die Headgearbehandlung könne außer dem Alveolarfortsatz auch die Basis der Maxilla im Sinne einer Änderung der Wachstumsrichtung beeinflussen.

CREEKMORE 1967 setzt sich eingehend mit dem Einfluß des zervikalen Headgears auf das Vertikalwachstum des Mittelgesichtskomplexes und der damit verbundenen Auswirkung auf das Horizontalwachstum der Mandibula auseinander. Ähnlich wie bei WIESLANDER basiert seine Studie auf einer Gegenüberstellung einer durch zervikalen Zug behandelten Gruppe (je 25 Patienten mit Klasse I- und II-Okklusionen im Alter von 12,1 Jahren) zu einer unbehandelten Kontrollgruppe (62 Probanden mit überwiegend Klasse I-Okklusionen, Anfangsalter 10,1 Jahre). Die extraorale Kraft greift abweichend von der KLOEHN-Methode direkt am einligierten Bogen einer Edgewise-Apparatur im Bereich zwischen den Schneide- und Eckzähnen an.

Von den Veränderungen in der Behandlungsgruppe (Behandlungsdauer ca. 2,4 Jahre) sind hervorzuheben die signifikante Reduzierung des SNA-Winkels um $1,7^\circ$, die als Hemmung des nach vorne gerichteten Wachstums der Maxilla interpretiert wird, sowie ein gegenüber der Vergleichsgruppe signifikant geringeres Anteriorwachstum des Unterkiefers kombiniert mit einer deutlichen Öffnung der Unterkieferbasisneigung. In der Vergleichsgruppe verkleinert sich dagegen der Unterkieferbasis-

winkel. CREEKMORE führt dies auf eine verstärkte Extrusion der Molaren bei den behandelten Patienten zurück (dazu ist anzumerken, daß bei der Behandlung auch Klasse III-Gummizüge verwendet wurden).

In einer zusätzlichen Analyse studiert er dann noch das Verhalten von je 25 Fällen mit großem und kleinen Mandibularebenenwinkel im Vergleich zur Kontrollgruppe. Auf Grund der ungünstigen Ergebnisse bei der Gruppe mit dem großen Mandibularebenenwinkel - der ANB-Winkel nimmt von 5,1 auf 5,3°, der SN-MP-Winkel um 1,2° zu - hält CREEKMORE die Anwendung des zervikalen Headgears bei Fällen mit hohem Unterkieferbasiswinkel und vertikalem Wachstumstrend für kontraindiziert. Als Mittel der Wahl bietet sich hier der high-pull Headgear an, der das nach unten gerichtete Wachstum der Molaren einschränkt.

JAKOBSSON analysiert 1967 die Auswirkungen einer Behandlung mit dem zervikalen Headgear auf Klasse II/1-Malokklusionen. Er vergleicht eine Behandlungsgruppe mit einer Kontrollgruppe. Der Behandlungs-/Beobachtungsbeginn ist im Mittel 8,5 Jahre, die Behandlungsdauer beträgt 18 Monate; beide Gruppen zeigen den gleichen Malokklusionstyp.

Als wichtigste Veränderung findet er im maxillären Bereich eine signifikante Distalisierung der Oberkiefer-Sechsjährmolaren ($\bar{x}$ = 3,7 mm), sowie eine Verschiebung der Maxilla nach dorsal mit posteriorer Rotation der Palatinalebene. Für den mandibulären Bereich fällt auf, daß die anterior-posteriore Position der Mandibula (B, Pg) sich zwischen beiden Gruppen nicht signifikant unterscheidet. Statt der von einigen anderen Autoren (CREEKMORE, POULTON, MERRIFIELD/CROSS) beobachteten posterioren Rotation stellt JAKOBSSON eher eine vertikale Translation fest, die er durch die Verlagerung der Kondylen nach unten zu erklären versucht, die Untergesichtshöhe läßt dementsprechend eine signifikante Tendenz zur Vergrößerung erkennen.

POULTON 1967 analysiert anhand von Fallstudien insbesondere die Auswirkung der Headgear-Behandlung auf die Mandibula. Für den zervikalen Headgear sei generell eine Tendenz zur Extrusion der Verankerungsmolaren zu beobachten, was häufig zu einer posterioren Rotation der Mandibula führe. Bei skelettalen Klasse II-Fällen scheint dies unerwünscht, da sich der ANB-Winkel vergrößert, das Profil mehr konvex wird und das Untergesicht sich verlängert. Die Zunahme der Alveolarfortsatzhöhe könnte demnach durch das Kondylarwachstum kompensiert werden.

Bei retrognathen Gesichtstypen, die eine relativ steile Unterkieferbasisneigung zeigen, ist jedoch nach einer Untersuchung von BERGENSEN 1966 keine Tendenz zur Verkleinerung des Mandibularebenenwinkels zu erkennen, sodaß bei diesen Fällen keinesfalls mit einem zervikalen Headgear behandelt werden dürfte. Hier sei eine Zugrichtung angebracht, deren vertikale Komponente nach kranial gerichtet sei, wie etwa beim okzipitalen Headgear oder beim high-pull Headgear. Allgemein müsse bei jedem einzelnen Fall die Zugrichtung in Hinblick auf mögliche Nebenwirkungen sorgfältig ausgewählt werden.

MERRIFIELD/CROSS 1970 befassen sich in ihrer Arbeit eingehend mit den Nebenwirkungen des zervikalen Headgears, die sie unter der Bezeichnung "KLOEHN-Reaktion" zusammenfassen. Darunter ist eine ungenügende Profilverbesserung aufgrund der mandibulären posterioren Rotation, die damit verbundene Schwierigkeit der Reduzierung des ANB-Winkels und die Neigung zum Rezidiv zu verstehen. Das Hauptproblem bei zervikaler Verankerung liege in der Eigenschaft, die Sechsjahrmolaren zu extrudieren und die Basis der Maxilla nach kaudal-dorsal zu kippen. In Abhängigkeit von der Länge der Mandibula und der Mandibulabasis komme es durch jeden Millimeter, um die die Molaren elongiert würden zu einer Öffnung des Mandibularebenenwinkels, zu einer Zunahme des ANB-Winkels und zu einer

Distalbewegung der unteren ersten Molaren. Es sei deshalb von größter Bedeutung, das Vertikal-Wachstum der Maxilla nicht zusätzlich zu fördern.

Bei der Analyse der extraoralen Verankerung am FRS-Bild stellen MERRIFIELD/CROSS fest, daß die Wirkung maßgeblich von der Position der extraoralen Verankerung und von der Neigung der Okklusionsebene abhängt. Liege der unbewegliche Ansatzpunkt der extraoralen Kraft unterhalb der Okklusionsebene wie beim zervikalen Headgear mit einem mittleren Winkel von 30° zwischen Okklusionsebene und Zugrichtung ($DF = 30^\circ$), so sei immer mit einer unerwünschten extrudierenden Komponente zu rechnen. Diese wirkt sich um so negativer aus, je größer der Winkel zwischen der Okklusionsebene und der zervikalen Zugrichtung ist. Da mit fortschreitender Behandlungsdauer auch die Nebenwirkungen vom Ausmaß her zunehmen würden, müsse nach Ansicht von MERRIFIELD/CROSS die Anwendung des zervikalen Headgears auf kurze Intervalle beschränkt bleiben.

BARTON 1972 testet in einer klinischen Studie die unterschiedlichen Auswirkungen einer zervikalen Headgear- und einer high-pull Headgear-Behandlung (je zwei Gruppen mit 20 Patienten). Als intraoraler Kraftansatz für den high-pull Headgear dienen zwei im Bereich der seitlichen Schneidezähne an dem einligierten Bogen angelötete Haken. Bei allen Patienten wurden vor der kieferorthopädischen Behandlung alle ersten Prämolaren extrahiert.

Die zervikale Headgear-Gruppe zeigt gegenüber der high-pull Gruppe eine signifikant höhere Extrusion (Differenz 3,5 mm) und eine starke Zunahme der Strecke Nasion-Menton (Differenz 2,6 mm) sowie eine Zunahme der Untergesichtshöhe um 2,6 mm. Hinsichtlich der Mandibularebenenneigung (Winkel SN - MP) registriert BARTON jedoch keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen, was sich mit den diesbezüglichen Beobachtungen von WIESLANDER 1963 und JAKOBSSON 1967 deckt.

WIESLANDER 1974/75 hat sich wiederholt mit dem Einfluß des zervikalen Headgears auf das Mittelgesicht beschäftigt. Zur Überprüfung früherer Ergebnisse vergleicht er nochmals eine Behandlungs- und eine Kontrollgruppe miteinander. Beide Gruppen weisen zu Beginn der Untersuchung eine Klasse II-Malokklusion (ANB-Winkel durchschnittlich 6°) auf und befinden sich in der frühen Wechselgebissphase; die Dauer der Behandlung bzw. Beobachtung beträgt 2 3/4 Jahre.

Die Überlagerung der FRS-Anfangs- und Schlußbilder erfolgt nicht konventionell auf der S-N-Linie in S, sondern auf einer Linie von einem Punkt an der posterioren Kontur des frontalen Sinus zu dem BOLTON-Punkt im Bereich der hinteren Schädelbasis.

Wie bei seiner ersten Untersuchung (1963) findet WIESLANDER eine deutliche Beeinflussung des Mittelgesichts mit einer veränderten Wachstumsrichtung der Maxilla nach inferior-posterior. Die Punkte A und PTM, die die sagittale Position der Maxilla beschreiben, befinden sich bei der Behandlungsgruppe um 3,6 und 2,0 mm weiter dorsal als bei der Kontrollgruppe. In Abhängigkeit von der starken dorsal-Verlagerung der Maxilla reduziert sich der ANB-Winkel bei den behandelten Patienten hochsignifikant um 3°.

Die in der früheren Untersuchung vermutete posteriore Rotation des Keilbeins erhält wieder eine Bestätigung. Bei den Oberkiefer-Sechsjahrmolaren beobachtet WIESLANDER eine signifikante Distalisation um 5 mm, von der er 2 mm dem basalen und 3 mm dem dentoalveolären Bereich zuschreibt. Vertikal zeigen die 1. Molaren in der Behandlungsgruppe eine etwas stärkere Extrusion als in der Kontrollgruppe, begleitet von einer Zunahme des Mandibularebenenwinkels um 1,5°. Die sagittale Position der Mandibula (B-Punkt und Pogonion) wird durch die leichte Öffnung im Uhrzeigersinn nicht signifikant beeinflusst.

In einer weiteren Arbeit untersucht WIESLANDER 1974 die Stabilität von Behandlungsergebnissen 6 Jahre nach Behandlungs-

abschluß. Dabei kann er zeigen, daß einmal eingetretene Normalisierungen basaler und dentoalveolärer Relationen sich nicht mehr wesentlich verändern. In der Headgear-Gruppe (23 Fälle) setzt die Maxilla wieder ihr ursprüngliches, nach unten-vorne verlaufendes Wachstum fort, das Ausmaß der Veränderung ist aber nicht größer als in der Kontrollgruppe (12 Fälle). Die ANB-Winkel-Differenz zwischen Behandlungs- und Vergleichsgruppe nimmt etwas ab, von 3° auf $2,7^\circ$ (bedingt durch die etwas größere SNB-Zunahme in der Kontrollgruppe), der Unterschied bleibt aber signifikant. Interessant ist auch die Beobachtung WIESLANDERS, daß die Klasse I-Relation der Behandlungsgruppe durch die Tendenz der Sechsjahrmolaren nach distal eher noch verbessert wurde. Die damit verbundene leichte Öffnung des Mandibularebenenwinkels bleibt ohne signifikante Folgen für die Sagittal-Position des Pogonions.

1975 versucht WIESLANDER zu klären, ob mit der zervikalen Headgear-Behandlung von Klasse II-Malokklusionen im früheren oder späteren Wechselgebiß begonnen werden sollte. Die Patienten werden deshalb nach dem dentalen Entwicklungsstand in zwei Gruppen eingeteilt; das chronologische Alter der Gruppe der jüngeren Patienten beträgt durchschnittlich 8 Jahre und das der älteren Patienten etwa $10 \frac{1}{2}$ Jahre. Der Vergleich der Ergebnisse nach 2,3-jähriger Behandlung läßt signifikante Unterschiede zugunsten der Gruppe im früheren Wechselgebiß erkennen: der basale Teil der Maxilla (ANS, PTM) liegt in dieser Gruppe signifikant weiter distal als in der Gruppe der älteren Kinder. Der ANB-Winkel verkleinert sich bei den jüngeren Patienten um $3,24^\circ$ gegenüber $1,84^\circ$ in der zweiten Gruppe aufgrund der größeren Dorsalverlagerung der Maxilla. Auch die Oberkiefer-Sechsjahrmolaren weisen in der früheren Wechselgebißgruppe eine um 1,7 mm stärkere Distalisation auf. Diese Ergebnisse deuten nach WIESLANDER darauf hin, daß das Fazialskelett von jüngeren Kindern (Alter 8 Jahre) noch anpassungsfähiger ist in Bezug auf eine Veränderung der Bezie-

hung der einzelnen Strukturen zueinander als das von älteren Kindern (Alter ca. 10 1/2 Jahre). In Anbetracht dessen sei es deshalb sinnvoll, bei ausgeprägten Klasse II-Fällen mit der Behandlung frühzeitig zu beginnen.

FRISLID und RAKOSI 1976 studieren die Wirkung des zervikalen Headgears an einer Gruppe von 70 Patienten, die über einen Zeitraum von 15 Monaten behandelt wurden. Das Alter der Patienten liegt zu Behandlungsbeginn bei 9 3/4 und zu Behandlungsende bei 11 Jahren. Die Außenarme des Headgears sind in Bezug auf die Okklusionsebene um 15° nach kranial anguliert, die Zugkraft beträgt 600 Pond. Bei der Zusammenstellung der Untersuchungsgruppe wurden wegen der Indikationsstellung des zervikalen Headgears nur Patienten mit horizontalem Wachstumstrend berücksichtigt (Gonion-Winkel und Summenwinkel lagen unter dem Normwert).

Die Prüfung der Behandlungsergebnisse ergibt für den SNA-Winkel eine durchschnittliche Reduzierung um 0,8°, was im Sinne einer Hemmung des maxillären Wachstums interpretiert wird. Der SNB-Winkel nimmt im Mittel um 0,5° zu, der ANB-Winkel verkleinert sich demzufolge um 1,3°. Besonderes Augenmerk widmen FRISLID und RAKOSI der Position der Oberkiefer-Sechsjahrmolaren. Mittels spezieller kephalometrischer Messungen (Abstandsmessungen von definierten Punkten im Kronen- und Wurzelbereich der Verankerungsmolaren zu S-N und S-S') kommen sie zu dem Ergebnis, daß die Verankerungsmolaren extrudiert und die Kronen nach distal gekippt werden.

27% der Fälle weisen ferner skelettale Veränderungen auf; in einer zusätzlichen Analyse dieser Fälle stellen FRISLID und RAKOSI fest, daß die Strecke ar - A im Vergleich zu Sollwerten unbehandelter Kinder signifikant kleiner ist. Dieses Ergebnis bestätigt sie in ihrer Meinung, daß durch den Headgear das Mittelgesichtswachstum in der Sagittalen gehemmt werden kann.

1976 beschreibt ABBÜHL in einer klinischen Studie die Wirkungsweise des zervikalen Headgears auf das Fazialskelett. 20 Patienten (mittleres Alter ca. 9,2 Jahre) mit skelettaler Klasse II, von denen je 10 als Behandlungs- und Kontrollgruppe dienen, bilden das Untersuchungsgut, wobei für die Auswahl der Probanden eine distal-basale Relation der Kieferbasen (ANB-Winkel mindestens $4,5^\circ$) und ein nicht zu großer Unterkieferbasiswinkel (ML-NSL-Winkel $<40^\circ$) ausschlaggebend war. Die durchschnittlich 1,8 Jahre dauernde Behandlung der Patientengruppe erfolgte mit dem Headgear nach KLOEHN mit parallelen Außenarmen.

Die statistische Analyse zeigt für die Behandlungsgruppe eine signifikante Beeinflussung der Maxilla im Sinne einer Verlagerung nach dorsal (SNA-Differenz zur Vergleichsgruppe: $1,84^\circ$) und eine ebenso signifikante posteriore Rotation der Oberkieferbasis (Winkeldifferenz zur Vergleichsgruppe $1,9^\circ$). Die sagittal-basale Diskrepanz (ANB-Winkel) verbessert sich um 3° aufgrund der starken SNA-Reduktion. Im Gegensatz zu anderen Autoren beobachtet ABBÜHL keine Schwenkung der Mandibula nach kaudal-dorsal oder eine Verlagerung des Pogonions nach unten, die Mandibula zeigt sogar eher eine Tendenz zu einer anterioren Rotation. Er führt dies darauf zurück, daß die Auswahl der Patienten von einem günstigen, nach anterior gerichteten Wachstumstrend abhängig gemacht wurde. Dementsprechend sieht er den zervikalen Headgear vor allem bei Klasse II-Fällen mit skelettalem Tiefbiß und horizontaler Wachstumsrichtung indiziert. Infolge der Rotation der Oberkieferbasis nach unten müsse bei skelettalen und dentalen Tiefbißfällen die vertikale Dimension beachtet werden.

FLAATEN 1976 konzentriert sich in seiner Analyse auf die Veränderungen im Schädelbasis- und oberen Gesichtsbereich. Er vergleicht dazu 27 mit dem zervikalen Headgear behandelte Patienten (Klasse II/1-Malokklusionen) mit 27 Kontrollprobanden (Normalokklusion). Das Alter der Patienten beträgt im

Durchschnitt 9 1/4 Jahre zu Behandlungsbeginn; die Behandlung erstreckt sich über 3 1/2 Jahre. Zur Ermittlung der Veränderungen werden die FRS-Bilder jeweils auf zwei spezielle Basislinien überlagert, einmal auf der Linie Cbr-Punkt-Nasion und zum anderen auf der Linie Opasthion-Nasion. FLAATEN sieht damit die Möglichkeit gegeben, die Wirkungsweise des Headgears im oberen Gesichtsbereich genauer studieren zu können. Bei der Headgear-Gruppe findet er eine Einschränkung des nach unten-vorne verlaufenden Wachstums der Maxilla und eine Kippung der Gaumenebene im Uhrzeigersinn (posteriore Rotation). Die Punkte PTM, Cbr und S bewegen sich gegenüber der Kontrollgruppe mehr nach oben als nach vorwärts. Die mehr anteriore Lage der Kondylen in der Behandlungsgruppe erklärt FLAATEN mit einer Lageveränderung von Keilbein und Schädelbein.

KOCH und WITT 1977 untersuchen 60 Patienten, die wegen eines sekundären Engstandes mit einem zervikalen Headgear behandelt wurden. Neben einer entsprechenden Indikationsstellung mußte ein regelmäßiges Tragen des Headgears gewährleistet sein (täglich 14 Stunden), außerdem durften die 2. Molaren zu Behandlungsbeginn (durchschnittlich 9,8 Jahre) noch nicht im Durchbruch stehen. Die Außenarme des Headgears waren um 15° nach kranial anguliert, die angewandte Zugkraft betrug 400-500 Pond.

Nach Behandlungsabschluß werden die Patienten in eine "mit Erfolg behandelte Gruppe" (Sechsjahrmolaren Distalisation > 3 mm) und in eine "ohne Erfolg behandelte Gruppe" (Sechsjahrmolaren Distalisation ≤ 2 mm) eingeteilt und die Ergebnisse den Werten einer unbehandelten Kontrollgruppe von BERGER gegenübergestellt.

Die SNA-Winkel-Verkleinerung der Erfolgsgruppe (Differenz: 2,4°) ist im Vergleich zur erfolglos behandelten Gruppe signifikant; in Bezug auf die Kontrollgruppe ist auch die SNA-Veränderung der 2. Gruppe signifikant. Bei der Neigung der Oberkieferbasis ist nur ein schwacher Trend zur Öffnung des

Basiswinkels zu erkennen. Einen markanten Unterschied zwischen den beiden Behandlungsgruppen finden KOCH und WITT bei der Längenänderung der Strecke Sella-Nasion, die in der erfolglos behandelten Gruppe signifikant stärker zunimmt. Sie folgern daraus, daß neben einer Hemmung des Oberkieferwachstums auch eine Beeinflussung des Wachstums der vorderen Schädelbasis möglich ist. Weiterhin äußern sie die Vermutung, daß bestimmte morphologische Verhältnisse im Sinne von harmonischer Relation nach HASUND, die sie bei der erfolglos behandelten Gruppe feststellen, mit dem Headgear schwieriger zu beeinflussen sind.

Die von MELSEN 1977 (MELSEN/ENEMARK 1969) in einer Implantatstudie gewonnenen Erkenntnisse über die Wirkungsweise des zervikalen Headgears stellen einen wichtigen Beitrag zur klinischen Diskussion dar. Den Einsatz von Implantaten begründet sie mit der Feststellung BJÖRKS 1968, daß es wegen des "Mangels an stabilen Referenzstrukturen innerhalb der Maxilla nicht möglich ist, die intramaxillären Zahnbewegungen von Änderungen des Alveolarfortsatzes oder der Verschiebung des Maxillakomplexes zu trennen". Ziel der Studie ist die Klärung der Frage, welche Veränderungen mit unterschiedlichen Neigungen des Headgear-Außenbogens erzielt werden können. Dementsprechend erhielten je 10 Patienten einmal eine Behandlung mit einem Headgear, dessen Außenarme 20° nach kranial anguliert waren (Gruppe I) und zum anderen mit einem Headgear, dessen Außenarme 20° nach kaudal gekippt waren (Gruppe II). Die Patienten beider Gruppen befanden sich zu Beginn der Behandlung in der späten Wechselgebissphase (mittleres Alter $9 \frac{1}{4}$ Jahre) mit $\frac{1}{2}$ bis 1 PB Klasse II-Molarenrelation; die Behandlungsdauer betrug 8 Monate.

Bei der statistischen Analyse stellte MELSEN deutliche Unterschiede zwischen den beiden Gruppen fest: die intramaxilläre Distalbewegung der Oberkiefer-Sechsjahrmolaren ist signifi-

kant größer in der Gruppe mit kaudal angulierten Außenarmen; zusätzlich zeigt diese Gruppe eine deutliche Distalkippung der Molaren, während sich in der Gruppe mit kranial angulierten Außenarmen die Neigung der Molarenlängsachse kaum ändert. Weiterhin lassen beide Gruppen eine Extrusion der Verankerungsmolaren erkennen, die sich zwischen den Gruppen nicht signifikant unterscheidet. In Abhängigkeit von der Extrusion der Molaren rotiert die Mandibula durchschnittlich um 3° nach posterior. Bezüglich der sagittalen Position der Maxilla fällt wieder ein unterschiedliches Verhalten auf: der Prognathiegrad der Maxilla reduziert sich in der Gruppe mit nach kranial angulierten Außenarmen signifikant höher als in der anderen Gruppe (Reduzierung um $1,55^\circ$ bei Gruppe I, um $0,8^\circ$ bei Gruppe II).

Für das Wachstum der Maxilla findet MELSEN bei beiden Gruppen eine Bewegung nach kaudal-dorsal, kombiniert mit einer posterioren Rotation der Palatinalebene. Die Dorsalkomponente des Maxillawachstums ist in der Gruppe mit kranial angulierten Headgear-Außenarmen noch ausgeprägter.

In einer späteren Untersuchung, mehrere Jahre nach dem pubertalen Wachstumsspurst der Patienten, prüft MELSEN 1977 erneut die Richtung des Wachstums von Maxilla und Mandibula. Entgegen den Beobachtungen unmittelbar nach Absetzen des Headgears zeigt die Maxilla nun wieder ein nach vorne-unten gerichtetes Wachstum; die sagittale Komponente übertrifft dabei das Ausmaß der von BJÖRK 1947 bei unbehandelten Probanden registrierten Veränderungen. Die Mandibula läßt außer in zwei Fällen eine kräftige anteriore Rotation ($5^\circ - 12^\circ$) erkennen, die die behandlungsbedingte posteriore Rotation um 3° vollständig kompensiert hat.

MELSEN hält es deshalb für wahrscheinlich, daß der Einfluß des Headgears auf das Wachstum des Gesichtsskeletts reversibel ist, sofern die Behandlung noch vor der Pubertät erfolgt. Diese Aussage weist von der Tendenz her Parallelen zu den

diesbezüglichen Ergebnissen von WIESLANDER 1975 auf; allerdings ist die Größe der Veränderungen von Maxilla und Mandibula in den beiden Untersuchungen verschieden. Im Hinblick auf die extrudierende Wirkung des zervikalen Headgears empfiehlt MELSEN, mit der Behandlung vor dem pubertären Wachstumsschub zu beginnen, damit noch genügend Wachstumspotential zur Kompensation einer eventuellen posterioren Rotation der Mandibula vorhanden ist.

SCHUMACHER und SANDER 1978 befassen sich mit dem Problem der Veränderung der Krafteinwirkung am Headgear-Außenbogen während des Schlafes. Mittels einer speziellen Apparatur können sie nachweisen, daß es während des Schlafes wegen Flexionen des Kopfes zu Schwankungen der eingestellten Kräfte kommt, die kurzzeitig ein Mehrfaches des ursprünglichen Zuges betragen können. Auch in Bezug auf die Verteilung der Kräfte finden sie relativ starke Asymmetrien, die sie auf eine seitenverschiedene Friktion des Nackenzuges bei Flexionen des Kopfes zurückführen, woraus sie den Schluß ziehen, daß die Konstruktion des Nackenbandes in dieser Hinsicht neu überdacht werden muß.

ÜLGEN 1981 vergleicht in einer statistischen Analyse die innerhalb eines Zeitraumes von 1,8 Jahren sich ergebende Veränderungen einer mit dem zervikalen Headgear behandelten Gruppe und einer Kontrollgruppe (je 10 Fälle). Beide Gruppen hatten zu Anfang eine skelettale Klasse II/1-Anomalie mit einem ANB-Winkel von mindestens $4,5^\circ$. Das Alter der Patienten betrug zu Behandlungsbeginn 9,1 Jahre (Headgear-Gruppe) und 9,45 Jahre (Kontrollgruppe). Die Zugkraft der extraoralen Verankerung war auf 500 - 600 Pond eingestellt. Die Ergebnisse zeigen für den Oberkiefer im dentoalveolären Bereich eine signifikante Retrusion der Unterkieferfront sowie eine Distalisation und Extrusion der Oberkiefer-Sechsjahrmolaren. Im skelettalen Bereich findet ÜLGEN eine signi-

fikante Reduzierung des Prognathiegrades der Maxilla und eine Kippung der Oberkieferbasis nach kaudal-dorsal um 2° . In gewissem Widerspruch dazu steht die Beobachtung, daß die Mandibula der Behandlungsgruppe signifikant nach anterior rotiert, und zwar in stärkerem Ausmaß als in der Kontrollgruppe. ÜLGÉN führt dies unter Hinweis auf die Ergebnisse von JAKOBSSON 1967 und ABBÜHL 1976 auf die günstige vertikale Relation der Behandlungsgruppe zurück; seiner Meinung nach setzt der Unterkiefer auch bei Behandlung mit dem zervikalen Headgear sein normales Wachstum über die y-Achse fort, sofern die vertikale Dimension nicht erhöht ist.

JONAS 1984 studiert in einer kephalometrischen Untersuchung die durch Headgear bzw. Aktivator (s. auch S. 19) eingetretenen Veränderungen des knöchernen und Weichteil-Profiles. Das Gesamt-Patientenkollektiv besteht aus 50 erfolgreich (Erreichen der Kl. I) behandelten Kl. II/1-Fällen (Nichtextraktionsfälle); jeweils 25 Patienten im Alter zwischen 9 und 10 Jahren wurden mit einem Aktivator oder Headgear behandelt.

Bei der Headgeargruppe beträgt die durchschnittliche Behandlungsdauer 22 Monate. Zum Einsatz kam ein zervikaler Headgear mit entweder zum Innenbogen parallelen Außenarmen oder mit zunächst 15° nach kaudal und anschließend um 15° nach kranial angulierten Außenarmen.

Für die Headgear-Gesamtgruppe registriert JONAS eine ANB-Winkelverkleinerung um durchschnittlich $1,3^{\circ}$, bedingt durch eine SNA-Winkelreduzierung um $1,2^{\circ}$ (1%-Signifikanz). Der SNB-Winkel bleibt annähernd konstant (+ $0,1^{\circ}$).

Entsprechend der Dorsalverlagerung des A-Punktes ist eine signifikante Verlagerung der korrespondierenden Weichgewebspunkte im Bereich der Oberlippe nach dorsal festzustellen, wenn auch nicht ganz in dem Ausmaß wie der knöcherne Bezugspunkt. Bei diesen Veränderungen zeigen die nach dem Gesichtsschädelaufbau differenzierten Patienten in etwa gleiches Verhalten mit

Ausnahme der Weichteilkonvexität und des Gesamtprofils, wobei die vertikalen Wachstumstypen auch nach Ende der Behandlung ein verstärkt konvexes Profil aufwiesen.

Eine Harmonisierung des Weichteilprofils ist nach Meinung von JONAS unabhängig vom Behandlungsmittel nur bei horizontalem Wachstumstrend wahrscheinlich.

2.4 Gegenüberstellung der Literaturaussagen zur Wirkungsweise des zervikalen Headgears

Obwohl in der Literatur bezüglich der klinischen Auswirkung des zervikalen Headgears unterschiedliche Ansichten vertreten werden, lassen sich dennoch einige grundsätzlich übereinstimmende Aussagen über die Beeinflussung dentoalveolärer und basaler Strukturen des Oberkiefers zusammenfassen:

Dentoalveoläre Veränderungen: Von den meisten Autoren wird, wenn auch in unterschiedlichem Ausmaß, eine Distalisation (KLEIN 1957, WIESLANDER 1963, JAKOBSSON 1967, WIESLANDER 1974, FRISLID/RAKOSI 1976, MELSEN 1977, KOCH und WITT 1977) und eine Extrusion (KLEIN 1957, POULTON 1964, CREEKMORE 1967, MERRIFIELD/CROSS 1970, BARTON 1972, WIESLANDER 1974, FRISLID/RAKOSI 1976 und MELSEN 1977) der Oberkiefer-Sechsjahrmolaren festgestellt, wobei zusätzlich noch eine Kippung der Kronen nach distal beschrieben wird (POULTON 1964, FRISLID/RAKOSI 1976, MERRIFIELD/CROSS 1970, MELSEN 1977). MELSEN 1977 hat in ihrer Implantatstudie gezeigt, daß durch Angulierung der Headgear-Außenarme nach kaudal eine größere Distalisation als mit kranial angulierten Außenarmen erzielt werden kann, allerdings mit dem Nachteil einer Distalkippung der Kronen.

Basale Veränderungen der Maxilla: Hier wird übereinstimmend vor allem für den zervikalen Headgear mit kranial angulierten und auch parallelen Außenarmen eine deutliche Reduzierung

des Prognathiegrades (SNA-Winkel) der Maxilla (KLEIN 1957, MOORE 1959, RICKETTS 1960, WIESLANDER 1963, JAKOBSSON 1967, CREEKMORE 1967, WIESLANDER 1974, ABBÜHL 1976, FLAATEN 1976, FRISLID/RAKOSI 1976, MELSEN 1977, KOCH/WITT 1977, ÜLGEN 1981, JONAS 1984), sowie eine posteriore Rotation der Palatinal-ebene, d.h. eine Zunahme des Oberkiefer-Basiswinkels beobachtet (KLEIN 1957, JAKOBSSON 1967, CREEKMORE 1967, FLAATEN 1976, ABBÜHL 1976, MERRIFIELD/CROSS 1970, MELSEN 1977).

Die Verringerung des SNA-Winkels wird allgemein interpretiert als eine Hemmung des Sagittal-Wachstums der Maxilla (RICKETTS 1960, CREEKMORE 1967, FRISLID/RAKOSI 1976, JONAS 1984), als eine Änderung der Wachstumsrichtung nach kaudal-dorsal (WIESLANDER 1974) oder eine Verlagerung der Maxilla nach dorsal (ABBÜHL 1976).

Über die Veränderungen der an die Maxilla grenzenden Strukturen wie der anterioren Schädelbasis gehen die Meinungen noch auseinander. So hält WIESLANDER (1963, 1974) eine posteriore Rotation des Keilbeins für wahrscheinlich, was in dieser Form von FLAATEN 1976 wieder bezweifelt wird; KOCH und WITT 1977 vermuten auch eine relative Verkürzung der vorderen Schädelbasis.

Veränderung der Position der Mandibula: Infolge der Wirkung des zervikalen Headgears auf den Oberkiefer kommt es auch insbesondere durch die Extrusion der oberen Sechsjahrmolaren zu einer indirekten Beeinflussung der Unterkieferposition, die sich in Abhängigkeit von der skelettalen Ausgangslage (besonders Neigung der Unterkieferbasis) und von der Wachstumsrichtung (anteriore und vertikale Wachstumsrichtung) in einer posterioren Rotation der Mandibula äußern kann. Einige Autoren (RICKETTS 1960, POULTON 1967, CREEKMORE 1967, MERRIFIELD/CROSS 1970, MELSEN 1977) beobachten als Folge einer zervikalen Headgear-Behandlung eine deutliche Schwenkung des Unterkiefers nach kaudal-dorsal, teilweise in erheblichem Ausmaß (POULTON 1967, CREEKMORE 1967, MERRIFIELD/CROSS 1970);

andere wiederum finden nur eine schwache Tendenz zu einer Vergrößerung des Mandibularebenenwinkels (JAKOBSSON 1967, WIESLANDER 1974/75) oder sogar eine anteriore Rotationstendenz (ABBÜHL 1976, ÜLGEN 1981). Diese kontroversen Aussagen lassen sich einmal mit einer unterschiedlichen Extrusion der Sechsjahrmolaren erklären, da nach WORMS et al. 1973 die alleinige Angabe der Zugrichtung (zervikal) die auf den Zahn wirkende Extrusionskomponente wegen der verschiedenen Okklusionsebenenneigung nicht vollständig beschreibt. Letztlich ausschlaggebend für die zu erwartende Unterkieferbeeinflussung ist aber die vertikale interbasale Relation und die voraussichtliche Wachstumsrichtung der Mandibula. RICKETTS 1960 stellt in seiner Untersuchung fest, daß die Behandlung mit dem zervikalen Headgear bei retrognathen Fällen (mit großem ML-NSL-Winkel) ungünstige Ergebnisse bringe. Dieser Gesichtstyp zeigt eher einen Trend zu vertikalem Wachstum als beispielsweise orthognathe Gesichtsmuster.

CREEKMORE 1967 und MERRIFIELD/CROSS 1970 berichteten von besonders nachteiligen Folgen einer zervikalen Headgear-Behandlung bei Patienten mit vergrößerter vertikaler Relation, die von MERRIFIELD/CROSS als "KLOEHN-Reaktion" bezeichnet werden. Darunter ist eine ausgeprägte Kippung der Unterkieferbasis nach unten-hinten zu verstehen, die eine Verschlechterung der sagittal-basalen Kieferrelationen, eine Zunahme der Untergesichtshöhe und damit ein ungünstiges Profilresultat zur Folge hat.

Die diesbezüglich besseren Ergebnisse von JAKOBSSON 1967, WIESLANDER 1963/1974, ABBÜHL 1976 und ÜLGEN 1981 sind darauf zurückzuführen, daß bei diesen Untersuchungen wohl eine tiefe basale Vertikaldimension und eine anteriore Rotationstendenz der Mandibula vorlag; außerdem erfolgte die Behandlung hier in der Wechselgebißphase, zu einem Zeitpunkt also, zu dem der pubertäre Wachstumsschub noch bevorsteht.

2.5 Differenzierung der Krafteinwirkung

Die meist unvermeidliche und selten erwünschte Extrusion der Verankerungsmolaren bei der zervikalen Headgear-Behandlung legte eine Variierung der Zugrichtung bzw. der extraoralen Verankerungsart nahe. RÜSCH/STÜCKLI 1972 führen als weitere gebräuchliche Zugrichtung neben der zervikalen die horizontale Zugrichtung (die in der Verlängerung der Okklusionsebene verläuft), die okzipitale Zugrichtung (Verlauf in Richtung Tragus) und die hohe okzipitale Zugrichtung an (Typ high-pull Headgear, Verlauf in Richtung eines zwischen Vertex und Lambda gelegenen Punktes).

Nachfolgend wird eine Übersicht über einige Arbeiten mit horizontaler und okzipitaler Zugrichtung gegeben.

POULTON 1964 untersucht unter Verwendung einer unbehandelten Kontrollgruppe an 22 Klasse II-Fällen (Alter 10,3 Jahre) den Einfluß des okzipitalen Headgears auf dentoalveoläre und basale Strukturen 2 Jahre nach Behandlungsabschluß. Die Patienten wurden mit einem okzipitalen Headgear behandelt, der an einem Oberkiefer-Edgewisebogen ansetzte (die Molaren und Frontzähne waren bebandert). Die Behandlungsdauer betrug durchschnittlich ein Jahr.

Der Vergleich der Ergebnisse von Behandlungs- und Kontrollgruppe ergibt für die Oberkiefermolaren und Oberkieferinzisivi eine durchschnittliche Distalisation von 3 mm, die sich in der Nachbehandlungsphase kaum verringert sowie eine deutliche Intrusion der Oberkieferinzisivi. Beim Pogonion beobachtet POULTON eine geringfügig schwächere Anterioresentwicklung in der Behandlungsgruppe, die Länge der Mandibula (Ar zu Pg) bleibt im wesentlichen in beiden Gruppen gleich. Die Okklusionsebenenneigung nimmt in der Behandlungsgruppe gegenüber der Vergleichsgruppe um $2,5^\circ$ ab; nach Absetzen des Headgears vergrößert sich aber der Wert wieder.

POULTON hebt als Vorteil der Behandlungsmethode hervor, daß die Achsen der Molaren und Frontzähne nicht gekippt und eine sichere Korrektur der Klasse II-Relation erreicht wurde. Auch sei der okzipitale Headgear gut dazu geeignet, Tiefbißfälle zu korrigieren. Insgesamt zeige die Behandlungsmethode bei Klasse II-Fällen ein günstigeres Ergebnis als die zervikale Headgear-Behandlung.

Bei der Festlegung der Zugrichtung müsse das jeweilige Widerstandszentrum berücksichtigt werden, da das Verhältnis der Kraftresultante zum Widerstandszentrum ausschlaggebend für die zu erwartende Zahnbewegung sei.

ARMSTRONG stellt 1971 eine Headgear-Apparatur vor, die eine genaue Steuerung der Größe, der Richtung und der Dauer der extraoralen Kraft ermöglicht. Der Entwicklung der Apparatur lag die Überlegung zugrunde, daß für eine körperliche Distalisation der Verankerungsmolaren oder der zu einer Einheit zusammengefaßten Zähne (Edgewise-Bogen) der Kraftvektor des Headgears parallel zur Okklusionsebene und durch das jeweilige Widerstandszentrum verlaufen müsse.

Die Apparatur besteht aus einer Kopfkappen-Nackenbandkombination mit einem Gesichtsbogen mit kurzen Außenarmen; zur genauen Bestimmung der Kraftgröße verwendet ARMSTRONG geeichte Schraubenfedern, bei denen im Gegensatz zu den konventionellen elastischen Zügen durch Materialermüdung keine nennenswerten Kraftverluste entstehen. ARMSTRONG führt als besonderen Vorteil dieses Headgear-Systems die großen Variationsmöglichkeiten für den resultierenden Kraftvektor sowie den Einsatz von großen Kräften an (der Kraftvektor enthält dabei keine extrudierende Komponente). Durch Veränderung der Kraftgröße bei der zervikalen und Kopfkappenverankerung und durch Angulierung der Headgear-Außenarme könne praktisch jeder Kraftvektor zwischen einem zervikalen und einem high-pull Headgear eingestellt werden. Als günstigste Kraftrichtung sei bei den meisten Klasse II- und Klasse I-Fällen ein pa-

rallel zur Okklusionsebene und durch das Widerstandszentrum verlaufender Kraftvektor anzusehen, mit dem bei den angewandten hohen Kräften (1250 Pond pro Molar) eine schnelle Korrektur der Malokklusion erreicht werden könnte.

Zur Veranschaulichung der Wirkung dieses Gerätes studiert ARMSTRONG eine Reihe von Fällen, bei denen durch kontinuierliche Krafteinwirkung (Gesichtsbogen eingebunden) mit Kraftgrößen bis zu 1750 Pond pro Seite in 3-4-monatiger Behandlungszeit bemerkenswerte Ergebnisse erzielt wurden. Hervorzuheben sind eine starke distale Translation der Molaren (bis zu 7 mm) und der Frontzähne (in einigen Fällen wurden die Molaren und die Frontzähne durcheinander Edgewise-Bogen zu einer Einheit zusammengefaßt) sowie in Abhängigkeit von der Zugrichtung eine Intrusion der Frontzähne. Die Neigung der Mandibulabasis wurde durch die Behandlung nicht verändert. In einem Fall zeigte die Maxilla eine Bewegung nach distal um mehrere Millimeter. Eine nach der Behandlung durchgeführte Röntgenkontrolle läßt keine Anzeichen von Wurzelresorptionen erkennen.

Der Einsatz des Kombinations-Headgears sei besonders wirksam, wenn mit der Behandlung im späten Wechselgebiß begonnen würde, da die Gewebsreaktion hier am schnellsten erfolge und der Durchbruch der zweiten Molaren noch bevorsteht.

BADELL 1976 überprüft in einer kephalometrischen Nachuntersuchung die Auswirkungen des von ARMSTRONG 1971 angegebenen Kombi-Headgears unmittelbar nach der Hauptbehandlung und nach ca. 3 Jahren. Das Untersuchungsgut besteht aus 30 Patienten im mittleren Alter von 11 Jahren und 2 Monaten (20 Klasse II/1-Fälle, 3 Klasse II/2-Fälle, 7 Klasse I-Fälle). Alle Patienten erhielten eine durchschnittlich 4-monatige Behandlung mit dem erwähnten Headgear, dessen kurze Außenarme ca. 15° nach kranial anguliert waren. Die Kraftgröße betrug bei dem high-pull Zug 680 - 900 Pond, bei dem zervikalen Zug 450 Pond; die tägliche Tragedauer betrug 24 Stunden.

den (Gesichtsbogen war eingebunden). Im Anschluß an die Hauptbehandlung (wenn die Molarenrelation überkorrigiert war) wurden die Patienten angewiesen, für drei Wochen den Headgear 14 Stunden, für weitere neun Wochen den Headgear nur noch während des Schlafes zu tragen.

Als auffälligste Veränderung nach der 4-monatigen Hauptbehandlung findet BADELL eine signifikante Distalisation der Oberkiefer-Sechsjahrmolaren um 2,3 mm, kombiniert mit einer leichten Intrusion, eine Distalisation und Extrusion der Unterkiefer-Sechsjahrmolaren sowie eine Zunahme der Okklusionsebenenneigung um $1,2^\circ$. Für die Maxilla ist keine signifikante Veränderung im Sinne einer Distalverlagerung zu erkennen. BADELL bemerkt dazu, daß die Hauptbehandlungsphase mit 4 Monaten für eine skelettale Beeinflussung der Maxillaposition relativ kurz sei.

Bezüglich der Achsenneigung der Oberkiefermolaren beobachtet er bei 20 Probanden eine körperliche Distalisation der Molaren, bei 10 Probanden aber auch eine unterschiedliche Distalkippung, was durch eine etwas größere Kranial-Angulierung der Headgear-Außenarme evtl. verhindert worden wäre.

Bei der Untersuchung nach ca. 3 Jahren stellt BADELL ähnlich wie WIESLANDER 1974 und MELSEN 1977 ein nach vorne-unten gerichtetes Wachstum der Maxilla fest. Die Oberkiefer-Sechsjahrmolaren zeigen im Gegensatz zu den Ergebnissen von WIESLANDER 1974 eine starke Tendenz zum Rezidiv (bei WIESLANDER 1974 war die Behandlungsdauer wesentlich länger - 2 Jahre und 8 Monate).

Im Hinblick auf die skelettale Beeinflussung der Maxilla hält es BADELL wahrscheinlich, diese mit dem Kombi-Headgear bei längerer Behandlungsdauer mit geringerer Kraftgröße zu erhalten.

Abschließend kann gesagt werden, daß in der Literatur darüber Einigkeit besteht, für den individuellen Fall eine geeignete Kraftrichtung festzulegen unter Berücksichtigung des jeweiligen Widerstandszentrums, des skelettalen/dentalen Befundes

und des Wachstumstyps (ARMSTRONG 1971, RÜSCH/STÜCKLI 1972, TEUSCHER 1976, BOWDEN 1978). Bezüglich der Größe der Kraft, der Dauer der Anwendung und des kontinuierlichen oder unterbrochenen Einsatzes der Kraft ist die Diskussion als noch nicht beendet anzusehen.

3. Kombinationsbehandlung: Aktivator und Headgear

In einem 1969 veröffentlichten Artikel beschreibt HASUND die Behandlungsmöglichkeiten von Klasse II-Malokklusionen mittels des kombinierten Einsatzes von Aktivator und Headgear. Die beiden Geräte werden als eine Art Vorbehandlung bei Kindern eingesetzt, insbesondere bei distalen basalen Relationen. Hier soll mit Hilfe des Wachstums z.B. ein sagittaler Halt für die Maxilla und Wachstumsadaptation für die Mandibula erreicht werden.

HASUND weist darauf hin, daß der Aktivator als herausnehmbares Gerät gegenüber festsitzenden Behelfen nur eine begrenzte Indikation bei Fällen mit Klasse II-Malokklusionen besitzt; von Nachteil ist auch die nach labial gerichtete reziproke Kraft durch das Gerät auf die Unterkieferfrontzähne.

Die Behandlung einer distalen basalen Relation bei Non-ex-Fällen hängt nach Meinung HASUNDS im wesentlichen von zwei Kriterien ab: zum einen von der Reduzierung des ANB-Winkels und zum anderen von der Distalisierung der Oberkiefer-Sechsjahrmolaren. Im Gegensatz zu der relativ einfachen Distalbewegung der Oberkiefer-Sechsjahrmolaren erfordert die Verringerung des ANB-Winkels neben dem schon erwähnten sagittalen Halt für die Maxilla vor allem eine bestimmte Wachstumsentwicklung des Unterkiefers in der Sagittalebene mit einer horizontalen Komponente.

Das System: "Aktivator und Headgear" biete nun technisch die Möglichkeit, die genannten Behandlungsziele zu erreichen.

Anhand zweier Fallbeispiele, bei denen Kinder mit skelettalen Klasse II-Malokklusionen im Alter von 9 und 10 Jahren jeweils 1 1/2 Jahre mit Aktivator und Headgear behandelt wurden, faßt HASUND die wichtigsten Veränderungen zusammen:

- schnelle Korrektur der Klasse II-Relation im Molarenbereich,
- Reduzierung des ANB-Winkels um 1/3 bzw. um die Hälfte infolge Konstanz des SNA-Winkels und Zunahme des SNB-Winkels; daraus resultiert in Verbindung mit einer leichten Palatinalkipfung der Oberkieferfront eine Verringerung der sagittalen Stufe,
- Zunahme der Zahnbogenbreite im Oberkiefer und Unterkiefer,
- keine Labialkipfung der Unterkieferfrontzähne,
- keine Zunahme des ML-NSL-Winkels und damit keine Veränderung der Mandibularebene im Sinne einer "clock-wise-response".

Im Vergleich zu einer Behandlung mit ausschließlich feststehenden Apparaturen leitet HASUND aus diesen Ergebnissen weitere Vorteile der Kombinationsbehandlung ab:

- das Wachstumspotential wird benutzt, um basale Unstimmigkeiten zu korrigieren,
- da die Wachstumsprognose z.Zt. schwierig ist, gibt die Vorbehandlung wertvolle Hinweise für die zu erwartende Wachstumstendenz des Unterkiefers
- mit der Distalisierung der Oberkiefer-Sechsjahrmolaren wird vor dem Durchbruch der zweiten Molaren begonnen.

HASUND empfiehlt, mit der Behandlung etwa 1 - 1 1/2 Jahre vor dem Durchbruch der Prämolaren zu beginnen;

bei günstigem Wachstumsmuster seien die gewünschten Behandlungsziele nach etwa 1 - 1 1/2 Jahren zu erreichen.

PFEIFFER und GROBETY 1972 konnten anhand einer klinischen Studie zeigen, daß die kombinierte Behandlung von Klasse II/1-

Malokklusionen (Non-Ex-Fälle) im Wechselgebiß mit Aktivator und Headgear im Vergleich zur herkömmlichen Behandlung mit jeweils nur Aktivator oder Headgear bedeutend bessere Ergebnisse aufweist. Angesichts der Effizienz der Methode kommen Sie zu dem Schluß, daß die Wirkung des Kombinationsgerätes größer ist als die Summe der Einzelwirkungen von nur Aktivator oder Headgear.

Ähnlich wie bei HASUND liegt dem Konzept von PFEIFFER/GROBETY die Überlegung zugrunde, den größten Teil der basalen Abweichung durch Einflußnahme auf das Wachstum von Ober- und Unterkiefer zu korrigieren, um so möglichst günstige Voraussetzungen für eine abschließende Multibandbehandlung zu erhalten.

Der von den Autoren verwendete Aktivator ist in Ausführung und Konstruktion (Konstruktionsbiß nach HOTZ) dem allgemeinen Aktivatortyp vergleichbar, besitzt jedoch auch einige nicht unwesentliche Modifikationen: die lingualen Kunststoffflügel sind gegenüber dem herkömmlichen Aktivator um ca. 7 - 8 mm verlängert, was eine gute Retention des Gerätes bewirkt; zusätzlich ist in der Mitte des Labialbogens ein Sporn angebracht, der bei eingesetztem Gesichtsbogen ein Herausfallen des Aktivators während des Schlafes verhindert.

Als extraorale Kraft kommt ein zervikaler Headgear mit langen Außenarmen zum Einsatz, die mit Ausnahme des ersten Behandlungsmonats um 15° nach kranial anguliert sind. Die Kraft (450 Pond) wird auf zwei an den Oberkiefer-Sechsjahrmolaren befestigten Bändern übertragen.

Zum Behandlungsablauf erscheint der Hinweis der Autoren bedeutsam, daß die okklusalen Flächen der Oberkiefer-Sechsjahrmolaren nicht völlig entlastet werden dürfen, da sonst eine Extrusion dieser Zähne, verbunden mit einer unerwünschten posterioren Rotation der Mandibula die Folge wäre.

PFEIFFER und GROBETY nennen als Auswahlkriterien für die Bildung ihrer Untersuchungsgruppe einmal die Behandlung mit dem Kombinationsgerät und zum anderen mindestens ein Jahr Behand-

lungsdauer. Das Alter der 39 Patienten liegt zu Beginn der Behandlung bei ca. 8- 9 Jahren. Alle Patienten zeigen skelettale Klasse II/1-Malokklusionen mit Tiefbiß und keiner bzw. leichter Diskrepanz (nach Steiner).

Auf der Grundlage umfangreicher Dokumentation (Modelle, FRS, Photographien) jeweils zu Beginn der Kombinationsbehandlung und nach ca. 1 1/2 Jahren stellen PFEIFFER und GROBETY die wesentlichen Ergebnisse heraus:

1. Der SNA-Winkel verringert sich in signifikanter Weise um durchschnittlich $2,2^\circ$; im Verein mit der durch Wachstum bedingten leichten Zunahme des SNB-Winkels kommt es zu der markanten Reduzierung des ANB-Winkels von durchschnittlich 6° auf $3,5^\circ$.
Die hierbei maßgebliche Verringerung des SNA-Winkels interpretieren PFEIFFER und GROBETY als "Verlagerung der gesamten Maxilla nach distal".
2. Dentoalveolär fällt besonders eine Vergrößerung des Interinzisal-Winkels sowie eine starke, "weitgehend echte" Distalisierung der Oberkiefer-Sechsjahrmolaren auf.
3. Die Veränderung des SNA-Winkels, des SNB-Winkels wie auch des Interinzisal-Winkels lassen die deutliche Verbesserung des Profils (H-Winkel) verständlich werden.
4. Von Interesse ist in diesem Zusammenhang die vertikale Relation: trotz Verwendung eines zervikalen Headgears änderten sich die Werte von Oberkiefergrundebenen- und Mandibularebenen-Winkel nach PFEIFFER und GROBETY nur geringfügig (hier Öffnung). Die Verwendung des Aktivators konnte die unerwünschten Nebenwirkungen des zervikalen Gesichtsbogens weitgehend verhindern.

PFEIFFER und GROBETY setzen die Kombinationsbehandlung bis zum Durchbruch aller bleibenden Zähne fort; der ANB-Winkel verringert sich dabei in vielen Fällen auf 1/3 seines ursprünglichen Wertes. Im Anschluß daran wird die Behandlung mit fest-sitzenden Behelfen (Edgewise-Technik) zu Ende geführt.

In einer weiteren Publikation erörtern PFEIFFER und GROBETZ 1975 die Indikation des Kombinationsgerätes Aktivator und Headgear bei Klasse II/1-Malokklusion unter besonderer Berücksichtigung der Korrektur des Tiefbisses sowie den Einsatz von Multibandapparaturen für die abschließende Behandlungsphase. Die Konstruktion des Aktivators und die Auswahl des jeweiligen Verankerungstyps richte sich abgesehen von dem skelettalen und dentoalveolären Ausgangsbefund vor allem nach dem Gesichtstyp und dem zu erwartenden Wachstumstrend, da die Einbeziehung des Wachstums für die Behandlung von grundlegender Bedeutung sei. Für die Beurteilung der Wachstumsaussage werden u.a. das Verhältnis zwischen vorderer und hinterer Gesichtshöhe, die Werte des oberen und unteren, durch die Linie der Gesichtstiefe geteilten Gonionwinkels sowie die Neigung der Mandibularbasis herangezogen.

Ausgehend von diesem Basiskonzept stellen PFEIFFER und GROBETZ für vier grundlegende Beispiele von Klasse II-Fällen die wichtigsten Behandlungsziele auf und leiten dann daraus die Behandlungskonsequenzen ab. Zu erwähnen ist hierbei die Differenzierung des extraoralen Zuges bei Fällen mit großem Mandibulärebenenwinkel und einem im Uhrzeigersinn verlaufenden Wachstumstrend der Mandibula: anstelle des zervikalen Zuges sehen sie hier je nach der Frontzahnrelation einen okzipitalen medium-pull Headgear oder einen okzipitalen high-pull Headgear indiziert, um so jegliche posteriore Rotation der Mandibula zu vermeiden, die automatisch eine Verschlechterung der sagittalen interbasalen Relation zur Folge hätte.

Im Anschluß an die Kombinationsbehandlung sei vielfach eine Therapie mit Multibandapparat notwendig, da Korrekturen von Achsenfehlstellungen von Frontzähnen und bestimmten Tiefbißfällen (wenn z.B. eine Intrusion der Oberkieferfront erforderlich ist) nur mit dieser Behandlungsmethode durchgeführt werden können.

In der Gesamtbetrachtung biete die Kombinationsbehandlung gegenüber der reinen Mechano-Therapie Vorteile, da die Behandlungsdauer von festsitzenden Apparaturen beträchtlich reduziert werden könnte.

TEUSCHER 1978/1979 hebt in seinen Ausführungen zur Behandlung der skelettalen Klasse II-Malokklusion besonders die Bedeutung der vertikalen Dimension hervor. So stimmt er mit einigen anderen Autoren überein, daß der zervikale Gesichtsbogen zwar die Anteriorentwicklung des Oberkiefers stoppen könne, dafür aber die Wachstumsrichtung des Unterkiefers ungünstig im Sinne einer "clock-wise-response" beeinflusse; die posteriore Rotation der Mandibula wiederum sei meist von weiteren unerwünschten Erscheinungen wie posteriorer Rotation der Spina-Ebene und Okklusionsebene begleitet. Folglich müsse zur Kontrolle der vertikalen Dimension statt des zervikalen Headgears ein posteriorer high-pull Headgear eingesetzt werden, da dieser eine korrekte Krafrichtung aufweise.

TEUSCHER beschreibt die Klasse I-Verzahnung als ein labiles Gleichgewicht, das bereits durch leichte Veränderungen empfindlich gestört werden könne. Zur Veranschaulichung seiner These konstruiert TEUSCHER eine Klasse II-Relation aus geringfügiger Translation der Maxilla bzw. der Oberkieferzähne nach mesial und kaudal und einer Verschiebung der fossa artikularis nach distal-kaudal sowie einer leichten Extrusion aller Zähne von Oberkiefer und Unterkiefer.

Die Umkehrung dieser graphischen Schritte führe nun konsequenterweise zu der erforderlichen Therapie:

- Applikation einer nach dorsal-kranial gerichteten Kraft auf die Oberkieferzähne mit dem Ziel einer Hemmung des Oberkiefer-Alveolarfortsatzwachstums sowie des vertikalen und sagittalen Wachstums der Maxilla,
- Vermeidung einer übermäßigen Extrusion der Unterkieferzähne durch anterior-kaudale Beeinflussung,
- Beseitigung jeglicher, das sagittale Wachstum der Mandibula hemmenden Faktoren,
- evtl. Induzierung eines zusätzlichen Unterkieferwachstums durch funktionskieferorthopädische Geräte.

Die Ausführung dieser Therapiemöglichkeit gewährleiste die Kombination Aktivator - posteriorer high-pull Headgear mit

direktem Ansatz des Headgears am Aktivator über im Bereich der Prämolaren befestigte Bukkalröhrchen. Ferner werden von TEUSCHER in einigen Fällen zusätzlich untere Lippenpelotten nach FRÄNKEL und torque-control-auxillaries eingesetzt.

Bezüglich des Konstruktionsbisses betont TEUSCHER, daß die Bißsperrung so klein wie möglich gehalten werden sollte. Besonders eingehend wird die Einstellung des extraoralen Kraftvektors besprochen: TEUSCHER bezeichnet dies als "den entscheidenden Punkt des gesamten Vorgehens". Der Vektor sollte dabei Maxilla und maxilläre Dentition möglichst zentrisch belasten.

In der Diskussion seines Behandlungskonzepts geht TEUSCHER noch einmal ausführlich auf die Beziehung zwischen den durch das Kombinationsgerät wirkenden Kräfte und den vermuteten Resistenzzentren von Dentitionen und Maxilla ein. Der extraoralen Kraft komme hier die Aufgabe zu, den durch den Konstruktionsbiß bedingten exzentrischen Kraftvektor zu kompensieren. Nachteilige Effekte des Aktivators wie Protrusion der Unterkieferfront, starke Retrusion der Oberkieferfront und posterior rotierende Wirkung auf Spina und Okklusionsebene werden so vermieden. Gute Profilresultate seien in erster Linie auf die sagittale Vorwärtsentwicklung des Unterkiefers zurückzuführen.

Die Indikation für die Gerätekombination Aktivator - Headgear als alleiniges Behandlungsmittel sieht TEUSCHER gegeben bei Klasse II/1-Fällen ohne Extraktionen und ohne Diskoordination der Zahnbögen. Daneben hält er einen zeitlich begrenzten Einsatz bei vier weiteren Situationen für sinnvoll:

- Wenn im Anschluß an die Kombinationsbehandlung eine Feineinstellung mittels festsitzender Behelfe erforderlich ist,
- bei Klasse II/2-Fällen, wenn vor der Kombinationsbehandlung die Retrusion der Oberkieferfrontzähne beseitigt wird,

- während der Behandlung mit Multibandapparatur, wenn die Korrektur der Klasse II auf "unerwartete Schwierigkeiten" stößt,
- bei "slide in centric"-Fällen und unbefriedigendem Profil nach einer Behandlung mit festsitzenden Behelfen.

Abschließend stellt TEUSCHER die Vorteile der Aktivator-Headgear-Kombination heraus, die seiner Meinung nach auf einer echten Verbesserung des skelettalen Profils durch eine Anteriorentwicklung der Mandibula und auch auf den vielfältigen Einsatzmöglichkeiten im Rahmen einer Gesamtbehandlung beruhen.

Bezüglich der Größe der Kraft empfiehlt TEUSCHER, bei Behandlung im Wechselgebiss und bevorstehendem Durchbruch der Oberkieferzähne die Kraftgröße von 400 - 500 Pond nicht zu überschreiten, da sonst diese Zähne zu weit anterior durchbrechen würden und die Gefahr einer Distalkippung im posterioren Seitenzahnsegment bestünde. Erst nach dem Durchbruch der bleibenden Zähne der Stützzone könne die extraorale Kraft erhöht werden.

Auch BASS 1982 verwendet zur Behandlung von skelettalen Kl. II-Oklusionsanomalien eine herausnehmbare Apparatur in Kombination mit einem daran zu fixierenden Headgear. In der orthopädischen Behandlungsphase zielt die Therapie darauf ab, durch Hemmung des nach unten und vorne gerichteten Wachstums des Oberkiefers und Anregung des Horizontalwachstums des Unterkiefers eine Reduzierung der distal-basalen Diskrepanz der Kieferbasen zu erreichen und gleichzeitig Weichgewebisdysfunktionen auszuschalten.

Im Anschluß daran wird in einer etwa gleichlangen orthodontischen Behandlungsphase mittels festsitzender Apparaturen (Edgewise) für eine Feineinstellung der Okklusion gesorgt.

Die in der orthopädischen Behandlungsphase eingesetzte spezielle Apparatur besteht aus einer die Okklusionsflächen

aller Oberkieferzähne überdeckenden Akryl-Grundplatte, die mit Klammern an den Seitenzähnen befestigt ist und im Bereich der mittleren Oberkiefer-Inzisivi einen Torque-Bügel zur Palatinalbewegung dieser Zähne aufweist. Im Seitenzahnbereich sind neben Haltevorrichtungen für die Weichgewebsschilder Röhrchen zur Befestigung des Unterkiefermechanismus angebracht. Dieser Unterkiefermechanismus besteht aus einem Lingualbügel, an dem im Bereich der Eckzähne Akrylkissen angebracht sind, die den Unterkiefer in einer anterioren Position halten und eine Stimulierung des Unterkiefer-Horizontalwachstums bewirken sollen.

Bei der Entwicklung dieser Apparatur stützt sich BASS auf die Ergebnisse der experimentellen Studien von STÖCKLI/WILLERT 1971, McNAMARA 1979/1980 und PETROVIC et al. 1975, 1980, die bei mit Protrusionsschienen behandelten Versuchstieren adaptive Unterkiefer-Wachstumsreaktionen feststellten und von denen speziell PETROVIC et al. die Ansicht vertreten, daß dieses Konzept auch bei Menschen anwendbar ist.

An dieser Stelle ist allerdings einschränkend anzumerken, daß die von BASS verwendete Apparatur nur sehr bedingt mit einem funktionskieferorthopädischen Gerät wie dem Aktivator (Bionator) zu vergleichen ist und zum Teil große Unterschiede aufweist. So wird z.B. der Unterkiefermechanismus alle sieben Wochen zur Aktivierung des "Neurogenen Rückkopplungsmechanismus" etwas nach anterior verstellt, - ein ähnliches Vorgehen wie z.B. bei KARWETZKY 1964. Weiter ist ein Mundschluß mit extraoralem Gerätezusatz nur bedingt und unvollständig möglich und schließlich wird das Gerät nicht durch balancierende Muskelkräfte (Zunge, Wange, Lippen) im Mund festgehalten, sondern durch Fixierung am oberen Zahnbogen durch Kopffüße.

Der extraorale Behelf besteht aus einem Headgear mit kurzen Außenarmen, die entweder im Bereich der Prämolaren an Röhrchen oder an den Doppelschleifen des Torque-Bügels im Bereich der seitlichen Schneidezähne ansetzen. Die verwendete Zugkraft beträgt zwischen 1000 und 2000 Pond pro Seite.

BASS betont wie TEUSCHER 1978, daß die Zugrichtung des Headgears durch das theoretische Widerstandszentrum der Maxilla oder nahe anterior dazu verlaufen sollte, um eine posteriore Rotation der Maxilla zu vermeiden.

Am Beispiel mehrerer Behandlungsfälle mit ausgeprägter skelettaler Kl. II (ANB-Winkel zwischen 7 und 9°) demonstriert BASS sein Behandlungskonzept: Nach ca. 8- - 14-monativer orthopädischer Behandlung mit der Kombination herausnehmbarer Apparatur und Headgear zeigen alle Fälle eine deutliche Verbesserung der sagittalen Lagebeziehung der Kieferbasen, die überwiegend auf eine starke Zunahme des SNB-Winkels zurückzuführen ist; daneben weisen alle Fälle im Molarenbereich Kl. I-Verzahnung auf sowie auffällige Korrekturen von Schneidezahnfehlstellungen im Oberkiefer.

BASS stellt außerdem fest, daß die Behandlungsergebnisse auch nach Absetzen des Kombinationsgerätes stabil sind; die etwa nach 4-5 Jahren erfolgte Kontrolle zeigte bei den vorgestellten Fällen kein Rezidiv.

III. FRAGESTELLUNG

Die bei der Literaturübersicht dargestellte Diskussion zur Wirkungsweise der funktionskieferorthopädischen Apparatur Aktivator und des extraoralen Behandlungsbehelfes Headgear sowie deren Kombination ist als Grundlage für die vorliegende Untersuchung anzusehen.

In Anbetracht der wenigen Bericht (HASUND 1969, PFEIFFER/GROBETY 1972, TEUSCHER 1978), die in der Literatur über die spezielle Kombination Aktivator (Bionator) und Headgear (mit Bändern auf 16, 26 fixiert) veröffentlicht wurden, schien es von Interesse, klinisch, röntgenologisch und durch Messungen am Modell die innerhalb eines bestimmten Behandlungszeitraumes eintretenden skelettalen und dentoalveolären Veränderungen bei Patienten mit Kl. II-Malokklusionen herauszuarbeiten und mit den vorliegenden Untersuchungsergebnissen zu vergleichen.

Da nach neueren Erkenntnissen die skelettale Reife des Patienten bei qualitativen und quantitativen Untersuchungen wegen der sehr variablen Wachstumsintensivität keinesfalls unberücksichtigt bleiben darf (BJÖRK 1951, POULTON 1964, FLEISCHER-PETERS 1976, JANSON 1977), sollte der skelettale Reifegrad der Patienten während der aktiven Behandlungszeit mit berücksichtigt werden.

Folgende Fragen waren von Interesse:

1. Welche Veränderungen im skelettalen und dentoalveolären Bereich fallen bei den mit dem Kombinationsgerät Bionator und Headgear behandelten Patienten in dem Behandlungszeitraum auf, der zur Korrektur der Kl. II-Malokklusion im Seitenzahnbereich erforderlich war?
2. Zeigen die Patienten der vorpubertären Gruppe Unterschiede zu der pubertären Gruppe in den skelettalen und dentoalveolären Veränderungen?

3. Sind die meßbaren Veränderungen auf beeinflusstes oder unbeeinflusstes Wachstum zurückzuführen?

Diese Frage wird durch Vergleich der gewonnenen Ergebnisse bei den Behandlungsgruppen mit Veränderungen bei unbehandelten Patienten (Kontrollgruppe JANSON 1977) beantwortet.

IV. EIGENE UNTERSUCHUNG

1. Material

1.1 Auswahlkriterien bei der Bildung der Untersuchungsgruppe

Aus einer Gesamtzahl von ca. 500 Patienten der Fachpraxis für Kieferorthopädie von Frau Prof. Dr. Ingrid JANSON, München, wurden für die vorliegende Untersuchungsgruppe 31 Patienten im Alter von 9 - 13 1/2 Jahren ausschließlich nach folgenden Kriterien ausgewählt:

- 1.1.1 Klasse II-Malokklusion, sag. Stufe größer als 4 mm, ANB-Winkel größer als 3°, Nichtextraktionsfälle;
- 1.1.2 Kombinationsbehandlung mit Bionator und Headgear, Mindestbehandlungsdauer 9 Monate;
- 1.1.3 Befund und Dokumentationsunterlagen zu Behandlungsbeginn und Beobachtungsende: Modell, FRS, OPT, Handröntgenaufnahme.

Weitere Kriterien, wie z.B. das Geschlecht, spielten bei der Auswahl der Probanden keine Rolle.

ad 1.1.1 Klasse II-Malokklusion:

Bei der Auswahl der Probanden wurde darauf geachtet, daß die Modellanalyse eine Kl. II-Malokklusion im Seitenzahngebiet zeigte. Die Distalokklusion war häufig kombiniert mit einem dento-alveolären Tiefbiß. Weiter wurden nur "Nichtextraktionsfälle" in die Untersuchungsgruppe aufgenommen. Diese "Non-ex-Indikation" wurde nach der Platzanalyse im Unterkiefer erstellt. Der manchmal vorliegende geringe Platzbedarf konnte in Relation zur Behandlungsplanung durch Protrusion der unteren Inzisivi bei der Aufstellung der Behandlungsaufgaben beseitigt werden.

Darüberhinaus wurde darauf geachtet, daß in der kephalometrischen Analyse der ANB-Winkel größer als 3° war. Nach der Wachstumsanalyse nach BJÖRK (15) und HASUND (38) zeigten alle Patienten ein günstiges Wachstumsverhalten der Mandibula: anteriore Rotation, horizontale Translation.

ad 1.1.2 Kombinationsbehandlung Bionator - Headgear
(siehe Abb. 8/9, S. 66/67)

Alle Probanden wurden mit einer Kombinationsbehandlung kieferorthopädisch versorgt. Dabei kam das funktionskieferorthopädische Gerät Bionator nach BALTERS, in der Modifikation nach ASCHER, sowie ein zervikaler Headgear gleichzeitig zur Anwendung.

In einigen Fällen wurde der Headgear kurze Zeit (max. 3 Monate) vor dem Bionator eingesetzt. Wenn umgekehrt der Bionator vor dem Headgear eingesetzt wurde, zählte für die Dauer der Kombinationsbehandlung das Datum des erstmaligen Headgeareinsatzes.

ad 1.1.3 Dokumentation

Zur Auswertung kamen nur Fälle, bei denen folgende Unterlagen jeweils zu Behandlungsbeginn und zu Behandlungsende vorlagen:

- Fernröntgenseitenbilder (FRS)
- Orthopantomogramm (OPT)
- Handröntgenaufnahme (HA)
- Gipsmodelle (Modell).

1.2 Spezielle kieferorthopädische Behandlungsaufgaben

Als klinische Behandlungsaufgabe waren im kieferorthopädischen Behandlungsplan für alle Patienten vorgesehen:

1.2.1 skelettaler Bereich

Verbesserung der sagittal-basalen Diskrepanz mittels Reduzierung des ANB-Winkels:

- sagittaler Halt für die Maxilla oder Reduktion im maxillären Bereich (SNA-Winkel),
- optimale Wachstumsmöglichkeit für die Mandibula ("Wachstumsadaptation") schaffen,
- möglichst geringe Beeinflussung der vertikalen basalen Relation (ML-NSL, ML-NL-Winkel),
- Verbesserung des konvexen Profils (H-Winkel, Pogonion).

1.2.2 dentoalveolärer Bereich

- Distalisierung der Oberkiefer-Sechsjahrmolaren, besonders bei Einengung der Stützzonen,
- leichte Dehnung des Oberkiefer-Zahnbogens, insbesondere anterior, ausgerichtet an der intercaninen Distanz im Unterkiefer,
- keine zu starke Palatinal-Kippung der Oberkieferfrontzähne,
- leichte Protrusion oder unveränderte Position der Unterkieferfront entsprechend dem individuellen Behandlungsplan,
- Überführung der Klasse II-Okklusion im Molaren- und Eckzahnbereich in Klasse I-Okklusion,
- Nivellierung.

1.3 Beschreibung der angewandten Behandlungsgeräte

(Abb. 8 und 9, S. 66/67)

Alle Patienten erhielten eine Behandlung mit dem Kombinationsgerät Bionator und Headgear:

- . Das funktionskieferorthopädische Gerät Bionator nach BALTERS wurde in der Modifikation nach ASCHER verwendet (Beschreibung siehe S. 6).

- . Der Headgear wurde als zervikaler Gesichtsbogen mit mittleren Außenarmen eingesetzt.
- . Die Angulierung der Außenarme erfolgte ca. 15° nach kranial.
- . Der Headgear wurde an den oberen Sechsjahrmolaren mittels Band und Röhrchen fixiert. Die Zugkraft betrug ca. 400 Pond, die erwünschte Tragedauer lag bei 12 - 14 Stunden täglich.



Abb. 8: Kombinationsgerät Bionator und Headgear
hier extraoral



Abb. 9: Kombinationsgerät Bionator und Headgear
hier intraoral

1.4 Untersuchungsablauf

Wie bereits erwähnt, wurden zu Beginn der Behandlung (oder etwas zuvor) und zu Beobachtungsende vollständige Befundunterlagen erstellt. Zur Vereinfachung sollen im weiteren Verlauf der Untersuchung diese beiden Punkte als

1.4.1 Anfangsbefund und

1.4.2 Endbefund

bezeichnet werden, der Zeitraum zwischen den beiden Zeitpunkten, der beobachtete Behandlungszeitraum BEOBACHTUNGSZEITRAUM bezeichnet werden.

Der Mittelwert dieses Beobachtungszeitraumes beträgt in der

- vorpubertären Gruppe 20,9 Monate und in der

- pubertären Gruppe 15,7 Monate.

ad 1.4.1 Anfangsbefund (siehe Abb. 70/73, S. 173-180)

Der Zeitpunkt der Erstellung der Befundunterlagen liegt kurz vor dem Beginn der Kombinationsbehandlung. Das Alter der Patienten beträgt beim Anfangsbefund durchschnittlich 10,4 Jahre in der vorpubertären und 11,9 Jahre in der pubertären Gruppe.

ad 1.4.2 Endbefund (siehe Abb. 70/73, S. 173-180)

Der Zeitpunkt des Endbefundes ist primär nicht mit dem allgemeinen Behandlungsabschluß gleichzusetzen. Je nach den Erfordernissen des jeweiligen Falles wird die Kombinationsbehandlung auch noch nach dem Endbefund (Beobachtungsende) fortgesetzt oder die Behandlung mit Multibandtherapie zum Abschluß gebracht.

Der mittlere Alter der Patienten liegt zum Zeitpunkt des Endbefundes

bei 12,1 Jahren in der vorpubertären und

bei 13,2 Jahren in der pubertären Gruppe.

1.4.3 Behandlungsprotokoll

Es erwies sich bei der Bildung der Untersuchungsgruppe als sinnvoll, den gesamten Behandlungsablauf in eine Tabelle einzutragen, die so einen Überblick über Behandlungsdauer, evtl. Vorbehandlung, über die Befunderstellung und evtl. an die Kombinationsbehandlung sich anschließende Multibandbehandlung ermöglichte.

Tabellenbeschreibung:

Die Tabelle enthält pro Patient eine Kolonne mit 4 Spalten, in denen verschiedene Behandlungsarten wie Platten, FKO-Therapie, Headgear- und Multibandbehandlung eingetragen werden. Zusätzlich können aus den Tabellen die Daten der jeweiligen Befundunterlagen (FRS, OPT, HA, Modelle) entnommen werden.

2. Methode

2.1 Dokumentationsunterlagen

(siehe Abb. 70-73, Seite 173-180)

In der vorliegenden Untersuchung wurden folgende Unterlagen des Anfangs- und Endbefundes ausgewertet:

2.1.1 das Fernröntgenseitenbild (FRS)

2.1.2 das Orthopantomogramm (OPT)

2.1.3 das Modell

2.1.4 die Handröntgenaufnahme (HA).

ad 2.1.1 Fernröntgenseitenaufnahme des Kopfes

2.1.1.1 Aufnahmebedingungen (FRS)

Für die Herstellung der Fernröntgenseitenaufnahme diente der Orthopantomograph-Cephalostat der Fa. Siemens. Mit Hilfe zweier Vorrichtungen - der sogenannten Ohroliven und je eines Kunststoffteils - wird der Kopf des Patienten dabei vor der Aufnahme räumlich fixiert. Prinzipiell wurden vor jeder Aufnahme die Okklusionsbeziehungen der Zahnreihen mit Wachs registriert, um eine evtl. Vorschubposition des Unterkiefers auszuschließen.

Eine Veränderung der Richtung des Zentralstrahles kann nur in der Vertikalen vorgenommen werden, wobei (zur Festlegung der Einstellhöhe als Bezugspunkt bei der Aufnahme) die Lage des Porus acusticus externus beachtet wird.

Technische Daten:

- Abstand der Filmkassette (18 x 24) von der Median-Sagittalebene des Kopfes 0,18 m
- Abstand der Median-Sagittalebene vom Brennpunkt 1,50 m
- Stromstärke 15 mA
- Aufnahmespannung 80 kV
- Aufnahmezeit 1 Sekunde
- Film: Cronex-Dupont; Rubinfolie (Verstärkung)
- Strahlenerzeuger Nonodor 2 P

- Röntgenröhre SR 90 - 15 SN
- Brennfleck: 0,6 x 0,6 mm

Die Entwicklung der Röntgenbilder erfolgte mit dem vollautomatischen Pantomat P 10 (Fa. Siemens).

2.1.1.2 Kephalometrie

Bei der Auswertung der Fernröntgenseitenaufnahmen kam das kephalometrische Analysenverfahren nach HASUND 1974 zur Anwendung. Entsprechend der Forderungen der Literatur (BAUMSING 1973, JONAS 1975) war mit der Durchzeichnung und Auswertung der FRS-Bilder nur eine Person befaßt.

Hilfsmittel für die Durchzeichnung der Fernröntgenseitenbilder:

- Leuchtkasten
- Schablone aus Karton (zum Abdecken von Teilen des Bildes)
- Azetatfolie
- Tracing-Template für das Einzeichnen der Molaren und Schneidezahnkontur (Fa. Inter-Unitek)
- Bleistift: Pentel-Japan mit $\varnothing$ 0,3 mm (4 H)
- Linex-Winkelmesser mit 1/2 Grad-Einteilung
- Folie mit parallelen Linien in 1 mm Abstand (zum Konturieren von Tangentenpunkten).

Die Orientierung der FRS-Bilder erfolgte gemäß den Angaben von HASUND mit dem Profil nach rechts; die Punkte N und S wurden direkt auf dem Film markiert; die Acetat-Folie wurde anschließend so auf dem Filmplaziert, daß eine im Abstand von 10 cm zum oberen Folienrand parallele Linie durch die Punkte S und N lief, wobei N vom rechten Rand genau 5 cm entfernt war. Diese Schematisierung bietet den Vorteil, daß bei Kontrollen und Longitudinalstudien die Bilder schnell überlagert werden können.

Kephalometrische Referenzpunkte und -linien

Bevor auf die Definition der Punkte, Winkel und Strecken im einzelnen eingegangen wird, sei noch bemerkt, daß zur Erhö-

nung der Genauigkeit neben A und B (BIRX 1962) zu-
sätzlich einige Strukturen direkt auf der FFS-Bild markiert
wurden: Basion, bei Doppelprojektion Interforamend, antero-
riore Kontur von Maxilla und Mandibula, spina nasalis an-
terius, Pterygomaxillare. Weiterhin sind die Definitionen
von BIRX 1964 bei manchen Punkten ergänzt, da in gewis-
sen Situationen die Reproduzierbarkeit dieser Referenzpunkte
deutlich verbessert sein dürfte. Diese Ergänzungen bei Auswer-
tungen ergeben sich bei der Einbeziehung in die FFS-Analysen.

Die Referenzpunkte nach BIRX 1964



Abb. 11: Referenzpunkte nach BIRX 1964

Nach JANSON 1977 können die Referenzpunkte in drei Gruppen eingeteilt werden:

- I. Skelettale Referenzpunkte in der Mediansagittalebene des Kopfes
- II. Skelettale Referenzpunkte in der Lateralsagittalebene des Kopfes
- III. Dentale Referenzpunkte.

I. Skelettale Referenzpunkte in der Mediansagittalebene des Kopfes

1. N - Nasion:

Der am weitesten ventral gelegene Punkt der sutura nasofrontalis.

Gelegentlich (vor allem beim wachsenden Gesichtsschädel) findet man eine nach ventral offene Sutura vor; als Referenzpunkt wird dann bei der V-förmigen Öffnung die vorderste Begrenzung zum os nasale hin markiert.



Abb. 11:
Sutura geschlossen



Abb. 12:
offene Sutura (naso-frontalis)

2. S - Sella:

Zentrum der Sella turcica (konstruierter Punkt: Mittelpunkt des größten Durchmessers der Krypte):

Bei Doppelkontur sind die Strukturen mit stärkeren Verschattungen zur Konstruktion des Punktes heranzuziehen, da sie in der Mediansagittalebene liegen (HASUND 1974).



Abb. 13: Konstruktion von S

3. Ba - Basion:

Der am weitesten inferior und posterior gelegene Punkt des Clivus. Manchmal ist die Lage des Ba-Punktes nicht leicht zu erkennen; man kann sich jedoch folgende Beobachtung zunutze machen: der Clivus stellt sich auf der FRS-Aufnahme als ein schmales, nach dorsal und kaudal zeigendes Dreieck dar; deutlich zu erkennen ist die zentrale, spongiöse Knochenstruktur, die an der Peripherie von einer gleichmäßigen Kompaktaschicht umgeben ist; besteht Unklarheit über die Kompakta-Spitze des Clivus, so ist die Spitze des spongiösen Teils als Orientierungshilfe heranzuziehen. Ferner muß auf eine mit x bezeichnete Struktur geachtet werden, die nicht mit dem Basion verwechselt werden darf (HASUND 1974).

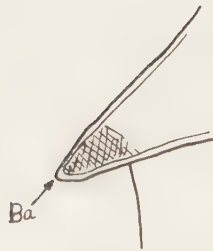


Abb. 14: Bestimmung von Ba

4. Sp - Spina nasalis anterior

Der am weitesten anterior gelegene Punkt der knöchernen Spina nasalis anterior;

bei Jugendlichen ist in einigen Fällen die Spina nach kaudal oder kranial abgebogen; als Referenzpunkt dient hier der Schnittpunkt der ventralen Kontur der Maxilla mit der Linie der Oberkieferbasis.



Abb. 15: Bestimmung von Sp bei Abbiegung der Spina

5. A - Maxilla - Apikalpunkt:

Tiefster Punkt der ventralen Kontur des Oberkieferknochens im Übergang zum Alveolarfortsatz.

Zeichnerische Darstellung: der Punkt A wird bestimmt durch Parallelverschiebung der Gerade Sp - Pro (Prosthion: vorderster Oberkieferzahnfachrand) an den tiefsten Punkt der konkaven Kontur der Maxilla (JANSON 1977).



Abb. 16: Konstruktion von A

6. B - Mandibularer Apikalpunkt:

Tiefster Punkt der ventralen Kontur des Unterkieferknochens im Übergang zum Alveolarfortsatz.

Zeichnerische Darstellung: Entsprechend wie beim A-Punkt wird der B-Punkt durch Parallelverschiebung der Gerade Pg (Pogonion) - Pro an den tiefsten Punkt der konkaven Mandibulakontur bestimmt (JANSON 1977).

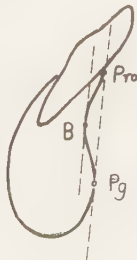


Abb. 17: Konstruktion von B

7. Pg - Pogonion:

Vertralster Punkt der Unterkiefersymphyse.

Zeichnerische Darstellung: Parallelverschiebung des Lotes auf S - N, an die (nach anterior) konvexe Kinnkontur. In einigen wenigen Ausnahmefällen (stark fliehendes Kinn) wird die Tangente ersatzweise von dem Punkt N aus an die Kinnprominenz gelegt.



Abb. 18: Bestimmung von Pg bei einem Ausnahmefall

Aus dieser Abbildung ist ersichtlich, daß der Punkt um einige mm nach kranial oder kaudal auf der Geraden verschoben werden könnte, ohne daß sich der Winkel SNPg ändert.

8. Gn - Gnathion:

Kaudalster Punkt der Unterkiefersymphyse.

Zeichnerische Darstellung: Parallelverschiebung der Lini S - N an die kaudale Symphysenkontur.

Bei Doppelprojektion ist wieder die Struktur mit stärkerer Verschattung entscheidend.

II. Skelettale Referenzpunkte in der Lateralsagittalebene des Kopfes

1. Ptm - Pterygomaxillare (siehe Abb. 20):

Schnittpunkt der dorsalen Kontur des Oberkieferknochens mit der Kontur des harten und weichen Gaumens im Bereich der nach mesial einstrahlenden Schatten der Fossa pterygopalatina.

Für die Bestimmung des Punktes kann man sich folgender Orientierungshilfen bedienen:

- der Tuberknochen verläuft in einer flachen, von der fossa palatina nach anterior-kaudal ziehenden Kurve
- deutlich zu erkennen ist die Linie des harten und besonders des weichen Gaumens.

Insgesamt ist bei Ptm zu beachten, daß nicht der Punkt als solcher, sondern die von Ptm und sp festgelegte Neigung der Oberkieferbasis für die kephalometrische Analyse von Interesse ist.

2. Ar - Artikulare (siehe Abb. 20):

Schnittpunkt der Kontur der äußeren Schädelbasis mit dem dorsalen Rand des aufsteigenden Unterkieferastes. Zeigt der Ramus ascendens eine Doppelkontur, so wird die Mitellinie zwischen den beiden Konturen für die Festlegung von Ar verwendet.

3. tgo - Goniontangentialpunkt:

Schnittpunkt der Tangente vom Gnathion zum kaudalsten Rand des liegenden Unterkieferastes im Kieferwinkelbereich mit der Tangente von Ar zum dorsalsten Rand des aufsteigenden Unterkieferastes im Kieferwinkelbereich. Bei Doppelprojektion im Kieferwinkelbereich muß entsprechend dem Vorgehen bei Ar zuerst die Mittelkontur eingezeichnet werden, bevor der Goniontangentialpunkt ermittelt werden kann (HASUND 1974).



Abb. 19: Bestimmung von tgo bei Doppelkontur des Unterkiefferrandes

4. Sp' - Spina-Strich) siehe Abb. 20):

Schnittpunkt der Verbindungslinie von Pm zu sp mit der Verbindungslinie von N zu Gn.

III. Dentale Referenzpunkt

1. Is - Incision superius:

Mittelpunkt der Inzisalkante des am weitesten nach ventral stehenden mittleren Oberkieferschneidezahnes.

2. isa - Incision superius apicale:

Apikalster Punkt des am weitesten nach ventral stehenden mittleren Oberkieferschneidezahnes.

3. ii - Incision inferius:

Mittelpunkt der Inzisalkante des am weitesten nach ventral stehenden mittleren Unterkieferschneidezahnes.

4. ia - Incision inferius apicale:

Apikalster Punkt des am weitesten nach ventral stehenden mittleren Unterkieferschneidezahnes.

ad III. 1 - 4:

Bei Wurzelkrümmung und bei Kollumknickung ist für die Bestimmung der Zahnachse der Verlauf der Pulpa maßgeblich; im Falle einer Doppelprojektion sind die Strukturen mit stärkerer Verschattung für das Auffinden der Referenzpunkte *is* und *ii* zu beachten.

Nach JANSON 1977 lassen sich die Referenzlinien in vier Gruppen aufteilen:

- sagittale Referenzlinien
- vertikale Referenzlinien
- sagittale und vertikale Referenzlinien
- dentale Referenzlinien

Sagittale Referenzlinien

1. NSL - Schädelbasislinie: charakterisiert die kranial vom Gesichtskelett liegende anteriore Schädelbasis (Hauptreferenzlinie)
2. NL - Nasial-Linie: stellt die Oberkieferbasis dar
3. ML - Mandibular-Linie: stellt die Unterkieferbasis dar.

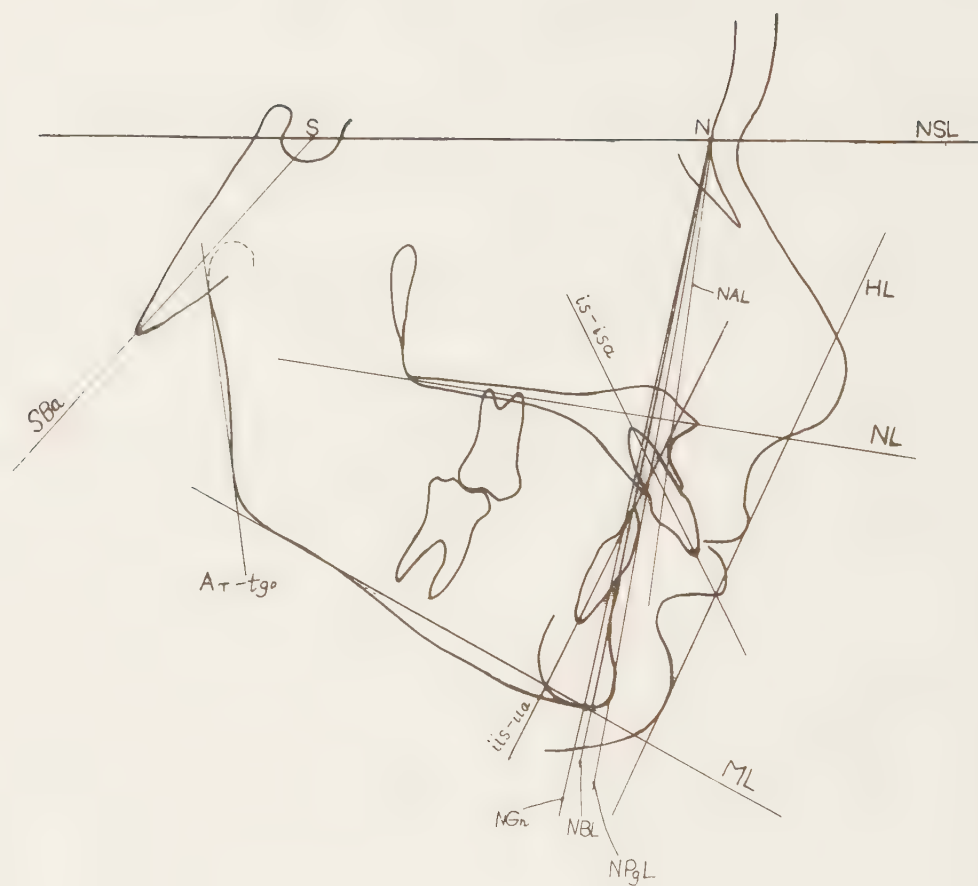


Abb. 20: Die kephalometrischen Referenzlinien

Vertikale Referenzlinien

4. NAL - Nasion-Maxilla-Linie
5. NBL - Nasion-Mandibula-Linie
6. NPgL - Nasion Pogonion-Linie
7. Ar-tgo - Tangenten-Linie am Ramus ascendens

Sagittale und vertikale Referenzlinien

8. SBA - Sella-Basal-Linie: disto-kraniale Begrenzung des knöchernen Gesichtsschädels durch die anteriore Schädelbasis

Dentale Referenzlinien

9. is-isa - Zahnachse des mittleren Oberkieferschneidezahnes: Verbindungslinie der Incisalkante mit dem apikalsten Punkt des am weitesten nach vorne stehenden mittleren Oberkieferschneidezahnes
10. iis-iaa - Zahnachse des mittleren Unterkieferschneidezahnes: Verbindungslinie der Incisalkante mit dem apikalsten Punkt des am weitesten nach vorne stehenden unteren mittleren Schneidezahnes.
11. HL - Holdaway-Linie: Verbindungslinie des am weitesten vorspringenden Punktes des Weichteilpogonions mit dem am weitesten vorspringenden Oberlippenpunkt.

ad 11:

Zeichnerische Darstellung: Tangente an Oberlippe und Kinn-(weichteil)-Kontur



Abb. 21: Bestimmung der HL-Linie

Die Bedeutung der einzelnen Winkel und Strecken für die kephalometrische Analyse:

Skelettale Variable

1. SNA-Winkel: sagittale Position der Maxilla
2. SNB-Winkel: sagittale Position der Mandibula
3. ANB-Winkel: sagittale Position von Maxilla und Mandibula
4. SNPg-Winkel: sagittale Prominenz der Symphyse
5. ML-NSL-Winkel: vertikale Relation der Mandibula zur anterioren Schädelbasis
6. NL-NSL-Winkel: vertikale Relation der Maxilla zur anterioren Schädelbasis
7. ML-NL-Winkel: vertikale Relation von Maxilla zu Mandibula
8. NSBa-Winkel: sagittale und vertikale Relation des Clivus zur anterioren Schädelbasis
9. Gn-tgo-Ar-Winkel: Form und Größe des Kieferwinkelbereichs
10. N-Winkel: Aussage für die Prominenz des Kinns
11. H-Winkel: Aussage für die Prominenz der Oberlippe

Dentale Variable

12. $\underline{1} - \bar{1}$ - Interincisalwinkel: Relation der Achsen von Ober- und Unterkieferincisivi zueinander
13. $\underline{1} - NA$ - Oberkieferincisivi-Achsenneigungswinkel: Relation der Achse des mittleren Oberkieferschneidezahnes zur Nasion-Maxilla-Linie (NA) in anteriorer-posteriorer Richtung
14. $\bar{1} - NB$ - Unterkieferincisivi-Achsenneigungswinkel: Relation der Achse des mittleren Unterkieferschneidezahnes zur Nasion-Mandibular-Linie (NB) in anterior-posteriorer Richtung
15. $\underline{1} - BA$
(mm) - sagittale Position des Oberkieferincisivi zu NA: linearer Abstand der Incisalkante des mittleren Oberkieferschneidezahnes von der Nasion-Maxilla-Linie (NA) - Protrusionsgrad
16. $\bar{1} - NA$ - sagittale Position des Unterkieferincisivus zur NB: linearer Abstand der Incisalkante des mittleren Unterkieferschneidezahnes von der Nasion-Mandibular-Linie (NB) - Progressionsgrad
17. $Pg - NB$
(mm) - sagittaler Abstand des am weitesten nach ventral gelegenen Punktes der knöchernen Symphyse von NB - Ausdruck für die Kinnprominenz
18. $N - Sp'$
(mm) - vertikaler Abstand von N zu Sp' : Größe der anterioren unteren Gesichtshöhe
19. $Sp' - Gn$
(mm) - vertikaler Abstand von Sp' zu Gn: Größe der anterioren unteren Gesichtshöhe
20. $\frac{N - Sp'}{Sp' - Gn} \times 100\%$ - Index für die anteriore Gesichtshöhe: Ausdruck für die Bezeichnung der Teilhöhen von oberer und unterer Gesichtshälfte

Die vorgenannten kephalometrischen Werte dienen als Grundlage für die kieferorthopädische Diagnose.

Einarbeitung in die FRS-Durchzeichnungs- und Auswertungstechnik

Aus den Studien über die Reproduzierbarkeit von kephalometrischen Referenzpunkten und -linien ist zu entnehmen, daß die Größe des individuellen Fehlers maßgeblich von dem Übungseffekt bestimmt wird (WEI 1968, FREISFELD 1973, JONAS 1975).

Um diese Tatsache zu berücksichtigen, wurden je 20 Röntgenbilder von zwei Probanden vor der eigentlichen Auswertung durchgezeichnet und vermessen, d.h. jede Durchzeichnung wurde von dem 2. Probanden kontrolliert. Außer dem gewünschten Übungseffekt, der sich an einer hinreichenden Genauigkeit zeigte, ergab sich dabei, daß in bestimmten Fällen einige Definitionen der FRS-Variablen einer Ergänzung bedurften, um die Abweichungen bei der Bestimmung der Referenzpunkte möglichst gering zu halten (bei den Ergänzungsdefinitionen handelt es sich um die Variablen SNPg, Ptm, Sp).

Aufzeichnung der Meßergebnisse

Für die Eintragung der Meßergebnisse des Anfangs- und Endbefundes wurde das kephalometrische Analyseblatt der BERGENTECHNIK verwendet. Es enthält unter anderem eine 3-spaltige Kolonne für die FRS-Daten sowie ein Schema zur Klassifizierung des Gesichtstyps; diese wird aus den Variablen ML-NSL, NL-NSL, SNA, SNB und NSBa ermittelt.

Patient			Nr.		
geboren			Alter		
			A - 13	B - 10	C - 12
Messungen:	Norm gerades Gesicht		Datum	Datum	Datum
SNA	82				
SNB	80				
ANB	2				
SNPg	81				
ML-NSL	32				
NL-NSL	8,5				
ML-NL	23,5				
NSB _e	130				
Gn-Igo-Ar	126				
N-Winkel	58				
H-Winkel					
T - $\perp$ (Grad)	131				
I - NA	"	22			
T - NB	"	25			
I - NA (mm)		4			
T - NB	"	4			
Pg-NB	"				
N-Sp'	(mm)				
Sp'-Gn	"				
$\frac{N-Sp'}{Sp'-Gn} \cdot 100 (\%)$			79		

Abb. 22: Tabelle zur Aufzeichnung der FRS-Meßwerte

1. Spalte: Anfangsbefund = A,

2. Spalte: Endbefund = B

I. Klassifikation des Gesichtstyps

	SNA	NL-NSL	NSBa	ML-NSL	SNB	ML-NL
Retrognath	72	18,5	150	52	70	33,5
	73	17,5	148	50	71	32,5
	74	16,5	146	48	72	31,5
	75	15,5	144	46	73	30,5
	76	14,5	142	44	74	29,5
Orthognath	77	13,5	140	42	75	28,5
	78	12,5	138	40	76	27,5
	79	11,5	136	38	77	26,5
	80	10,5	134	36	78	25,5
	81	9,5	132	34	79	24,5
Prognath	82	8,5	130	32	80	23,5
	83	7,5	128	30	81	22,5
	84	6,5	126	28	82	21,5
	85	5,5	124	26	83	20,5
	86	4,5	122	24	84	19,5
	87	3,5	120	22	85	18,5
	88	2,5	118	20	86	17,5
	89	1,5	116	18	87	16,5
	90	0,5	114	16	88	15,5
	91	0	112	14	89	14

Abb. 23: Tabelle zur Klassifizierung des Gesichtstyps

2.1.1.3 Fehleranalyse

Wie bei anderen Untersuchungen ist die Kenntnis der Größe des Meßfehlers für die Interpretation der Meßergebnisse von nicht unerheblicher Bedeutung. BJÖRK 1947 unterscheidet bei kephalometrischen Messungen folgende Fehlerquellen:

1. Fehler bei der FRS-Aufnahme
 - a. in der Aufnahmetechnik
 - b. in der Objekteinstellung

2. Fehler bei der Auswertung der FRS-Aufnahmen.

ad 1 a. Durch die stets gleichbleibende (fixierte) Einstellung des Röntgenstrahles beim Orthoceph wird der Fehler in der Aufnahmetechnik eliminiert (JANSON 1977).

ad 1 b. Um den Fehler bei der Objekteinstellung weitgehend auszuschalten, war mit der Herstellung der Aufnahme nur eine geübte Person befaßt. Der verbleibende Fehler kann als geringfügig eingestuft werden (JANSON 1977).

ad 2. Der hier interessierende Fehler bei der kephalometrischen Auswertung läßt sich insbesondere zurück-

führen auf Unsicherheit bei der Festlegung der Referenzpunkte und -linien, z.B. bei Überlagerungen von Knochenstrukturen und Doppelprojektionen, aber auch auf Ablese- und Eintragungsfehler. Wie bereits erwähnt, wurde versucht, die Sicherheit beim Auffinden der Referenzpunkte durch eine der Untersuchung vorgeschaltete Einarbeitungsphase zu erhöhen.

ÜBERLA 1977 gibt für die Berechnung des Meßfehlers bei medizinischen Untersuchungen als günstigste Methode die Bestimmung des Korrelationskoeffizienten r bzw. dessen Quadrat r^2 an.

In der vorliegenden Untersuchung wurde folgendermaßen vorgegangen:

Der Untersucher wertete 30 FRS-Bilder zweimal aus im zeitlichen Abstand von zwei Monaten; die gleichen Röntgenbilder wurden dann nochmals von einer Kontrollperson durchgezeichnet und vermessen. Damit war es möglich, den Eigenfehler und auch einen Fremdfehler zu bestimmen und die Fehlerquoten miteinander zu vergleichen.

Zur Berechnung des Korrelationskoeffizienten r_{xy} diene die Formel:

$$r_{xy} = \frac{s_{xy}}{s_x \times s_y}$$

Der Korrelationskoeffizient wurde demnach ermittelt

- einmal zwischen der 1. und 2. Messung des Untersuchers (Eigenfehlerbestimmung)
- und zum anderen zwischen der 1. Messung des Untersuchers und der Auswertung der Kontrollperson (Fremdfehlerbestimmung).

Für die Angabe der Genauigkeit der Messungen in Prozent wurde der Wert von $r^2 \times 100$

und für den Prozentanteil des Meßfehlers der Wert $(1 - r^2) \times 100$

verwendet; die Berechnung der Korrelationskoeffizienten erfolgte mit Hilfe eines Hewlett-Packard 67-Rechners.

Aus der Tabelle 1 ist ersichtlich, daß die Werte generell gesehen im Bereich sehr großer Genauigkeit liegen (beispielsweise beträgt der Korrelationskoeffizient bei konventioneller Blutdruckmessung: $r = 0,6$). Außerdem fällt auf, daß die Eigenkontrolle noch bessere Ergebnisse aufweist als die Fremdkontrolle, was die Untersuchungsergebnisse von JONAS 1975 bestätigt.

Die größte Genauigkeit bei der Eigenkontrollgruppe zeigen in Übereinstimmung mit JANSON 1977 die Messungen der oberen und unteren Gesichtshöhen sowie die Winkelmessungen SNB und SNPg; eine leichte zunehmende Fehlerquote läßt sich feststellen für den Interinzisalwinkel, für den Norderval-Winkel und für die Neigung der Kieferbasen (ML-NSL und NL-NSL). Auch dieser Befund steht in Einklang mit den diesbezüglichen Angaben in der Literatur (KROGMANN/SASSONI 1957, HASUND 1967). Die Unsicherheit der Messung des Interinzisalwinkels dürfte an der Schwierigkeit liegen, die Apikalpunkte isa und iia exakt zu bestimmen (wegen der Überlagerung mehrerer Wurzeln), die Schwankungen des Norderval-Winkels lassen sich mit der problematischen zeichnerischen Konstruktion erklären. Bei dem Oberkieferbasiswinkel NL-NSL spielt vor allem die Bestimmung des Referenzpunktes ptm eine dominierende Rolle für die höhere Fehlerquote.

ad 2.1.2 Orthopantomogramm (OPT)

2.1.2.1 Aufnahmebedingungen

Für die OPT-Aufnahmen stand wie beim Fernröntgenseitenbild der Orthoceph 3 der Fa. Siemens zur Verfügung.

Die OPT-Aufnahme erfolgt nach dem Prinzip der Schichtaufnahme; dabei bewegen sich die Filmcassette (15 x 30 cm) und die Röntgenröhre in einer synchronisierten Bewegung orthoradial um den Kopf des Patienten, so daß jeweils die filmnahen

Strukturen scharf auf dem Film abgebildet werden. Davor oder dahinter gelegene Strukturen erscheinen verwischt. Auch bei dieser Aufnahmetechnik muß auf die richtige Stellung des Patienten geachtet werden, um Verzerrungen zu vermeiden. Stützen im Stirn-, Kinn- und Schläfenbereich sorgen für eine sichere Fixierung des Kopfes während der Aufnahme.

Technische Daten:

- Aufnahmespannung: 60 kV
- Stromstärke: 15 mA
- Aufnahmezeit: 15 sec.

2.1.2.2 Definition der OPT-Variablen

Als Ergänzung zu den FRS-Aufnahmen und zum Modell war auch der OPT-Befund von Interesse; die Veränderungen dieser Variable sind der Tabelle 10 zu entnehmen.

1. Lagebeziehung zwischen 1. und 2. Molaren im Oberkiefer (Abb. 24)

In Anlehnung an VAN DER LINDEN 1979 können drei Situationen hierbei unterschieden werden:

- a. normale Beziehung: Der Abstand zwischen den Kronen der beiden Molaren beträgt etwa 0,5 bis 2 mm, ein Septum ist erkennbar.
Die Achsenneigung der Zähne ist korrekt.
- b. enge Beziehung: Zwischen den Kronen ist kein Knochen zu sehen, die 7er sind in der Regel nach mesial gekippt und lassen keinen regelrechten Durchbruch erwarten.
- c. weite Beziehung: Hier beträgt der Abstand zwischen der 6er- und 7er-Krone mehr als 2 mm, außerdem sind zwischen den Kompaktalamellen des Septums noch Spongiosastrukturen zu erkennen.



Abb. 24: Durchzeichnung des Orthopantomogramms -
röntgenologischer Befund siehe Text

2. Lagebeziehung zwischen 2. und 3. Molaren im Oberkiefer
(Abb. 24)

Definition wie bei 1. und 2. Molar.

Die Ausbildung des 8-ers variiert zeitlich sehr stark; in der vorpubertären Gruppe war eine Auswertung wegen des häufig noch nicht sichtbaren Zahnkeims nicht möglich.

3. Fächerform der Frontzähne im Oberkiefer
(Abb. 24)

Verlaufen die Achsen der Zähne parallel zueinander oder konvergieren die Zahnachsen zu den Wurzelspitzen hin, so liegt eine Fächerform dieser Zähne vor, die einer Korrektur bedarf. Wie bei der Lagebeziehung der Molaren wurden die Anomaliefälle in drei Gruppen (leichte, mittlere und ausgeprägte Form) aufgeteilt.

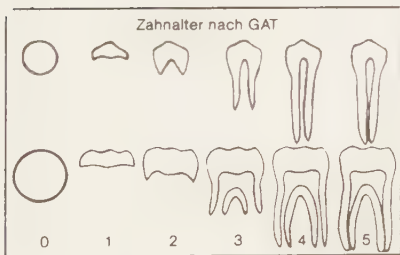
4. Zahnalter (Tabelle 3, S. 184 nach GAT 1972)

Grundsätzlich sind bei der Altersangabe des Patienten zu unterscheiden:

1. das skelettale Alter (Handröntgenaufnahme)
2. das chronologische Alter
3. das Zahnalter.

Die Bestimmung des Zahnalters wurde hier deshalb vorgenommen, um den Stichprobencharakter der Untersuchung zu überprüfen (bestimmter Prozent-Anteil der Untergruppen Vor-, Normal- und Spätzahner).

Zur Ermittlung des jeweiligen Wertes diente die Tabelle nach GAT, 1972. Man ordnet jedem Zahn bzw. Zahnkeim eine entsprechende Punkteiziffer zu (Abb. 25) und addiert diese Zahlen; mit Hilfe dieses Summenwertes kann dann aus der Tabelle entnommen werden, ob es sich bei dem einzelnen Patienten um einen Vor-, Normal- oder Spätzahner handelt.



0 Keine Zeichen der Entwicklung oder nur ein Follikel ohne Verkalkungszeichen.

1 Verkalkungszeichen der Krone bis zur Entwicklung der Kronenhälfte.

2 Von der Kronenhälfte bis zur voll ausgebildeten Krone. Keine Zeichen der Wurzelbildung.

3 Wurzelbildung bis zur Hälfte ihrer Länge.

4 Wurzelbildung von der Hälfte bis zur ganzen Länge, offener Apex.

5 Voll ausgebildeter Zahn, Wurzelspitze geschlossen

Abb. 25: Zahnalter nach GAT, 1972

5. Behinderter Durchbruch (Abb. 26)

Ein behinderter Durchbruch besteht dann, wenn ein Zahn infolge primären oder sekundären Engstandes seinen korrekten Platz in der Zahnreihe nicht einnehmen kann.



Abb. 26:

Behinderter Durchbruch

2.1.3 Modellanalyse

Grundlage für die Modellanalyse sind die von M. JANSON 1981 zusammengestellten Variablendefinitionen und Meßmethodenbeschreibungen; die Aufstellung dieser Modellvariablen beruht auf einer von BJÖRK et al. 1964 veröffentlichten Checkliste für die Modelluntersuchung.

Die Meßergebnisse werden übersichtlich in Tabelle 2, S.182/183 vorgestellt.

2.1.3.1 Technische Daten

Die Modellanalyse wurde an dreidimensional orientierten Gipsmodellen durchgeführt, wobei die Bißlage jeweils durch einen Wachsbiß fixiert ist.

Die Messungen der Stützonen, dem Diameter, die Messungen für die verschiedenen Kieferbreiten und für den sagittalen Überbiß wurden mittels einer speziellen Schieblehre vorgenommen.

2.1.3.2 Definition der Modellvariablen und die Beschreibung der Meßmethoden

Die Messung der mesio-distalen Zahnbreite (Diameter) der einzelnen Zähne erfolgte mittels einer geeigneten Maßlehre am

anatomischen Kontaktpunkt (Abb. 27). In Ausnahmefällen (atypische Zahnform) wurde an der breitesten Stelle gemessen.

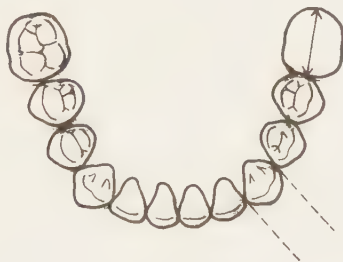


Abb. 27: Messung des Diameters

BOLTON-Analyse (Abb. 28, 29)

Definition "Bolton 12": Die Summe der Zahnbreiten aller bleibenden Zähne (von 16 bis 26 und 36 bis 46), gemessen zwischen den anatomischen Kontaktpunkten.

Definition "Bolton 6": Die Summe der Zahnbreiten der Frontzähne, gemessen zwischen den anatomischen Kontaktpunkten.

Mit Hilfe der BOLTON-Analyse läßt sich prüfen, inwieweit die Größe der Oberkieferzähne mit der der Unterkieferzähne harmonisiert bzw. ob das Größenverhältnis dieser Zähne zueinander als ausgewogen bezeichnet werden kann. Besteht ein Mißverhältnis, so kann berechnet werden, um wieviel Millimeter die Zähne des einen Kiefers "zu groß" sind. (Es wird dabei vorausgesetzt, daß die Summe der Zahnbreiten in einem Kiefer wohl kleiner (z.B. Separieren, Extraktion), aber dauerhaft nicht größer (Lücken) gemacht werden kann.)

$\bar{M}_{12 \text{ Max}} =$	$\bar{M}_{12 \text{ Mand}} =$	$\frac{\bar{M}_{12 \text{ Mand}}}{\bar{M}_{12 \text{ Max}}} \times 100 =$	
$\bar{M}_{6 \text{ Max}} =$	$\bar{M}_{6 \text{ Mand}} =$	$\frac{\bar{M}_{6 \text{ Mand}}}{\bar{M}_{6 \text{ Max}}} \times 100 =$	
$\frac{\text{reell Max 12 Mand 12}}{\text{reell Max 6 Mand 6}}$	$\frac{\text{korrekt Max 12 Mand 12}}{\text{korrekt Max 6 Mand 6}}$	Differenz	
	$\bar{X} - 1S_D$	$\bar{X}$	$\bar{X} - 1S_D$
$\bar{M}_{12}$	89,4	91,3	93,2
$\bar{M}_6$	75,6	77,2	78,9

Abb. 28: Schema für die BOLTON-Analyse

BOLTON-Analyse overall-ratio			
91,3% 1 916		77,2% 1 656	
"12"		6"	
Max	Mand	Max	Mand
85	77,6	40,0	30,9
86	78,5	40,5	31,3
87	79,4	41,0	31,7
88	80,3	41,5	32,0
89	81,3	42,0	32,4
90	82,1	42,5	32,8
91	83,1	43,0	33,2
92	84,0	43,5	33,6
93	84,9	44,0	34,0
94	85,8	44,5	34,4
95	86,7	45,0	34,7
96	87,6	45,5	35,1
97	88,6	46,0	35,5
98	89,5	46,5	35,9
99	90,4	47,0	36,3
100	91,3	47,5	36,7
101	92,2	48,0	37,1
102	93,1	48,5	37,4
103	94,0	49,0	37,8
104	95,0	49,5	38,2
105	95,9	50,0	38,6
106	96,8	50,5	39,0
107	97,8	51,0	39,4
108	98,6	51,5	39,8
109	99,5	52,0	40,1
110	100,4	52,5	40,5
		53,0	40,9
		53,5	41,3
$\sum$ UK		54,0	41,7
	100	54,5	42,1
$\sum$ Ok		55,0	42,5

Abb. 29: Tabelle für die BOLTON-Analyse

Die Analyse kann nur durchgeführt werden, wenn eine vollständige Zahnreihe von 16 - 26 und von 36 - 46 vorliegt. Die Analyse "6" soll im Rahmen der Gesamtanalyse "12" nur abklären, ob das Größenverhältnis bei der Front besonders ausgeprägt ist.

Beispiel: Summe der Zahnbreiten von 16 - 26: 102 mm

Summe der Zahnbreiten von 36 - 46: 85 mm

$$\frac{12 \text{ Mand}}{12 \text{ Max}} \times 100 = \frac{85}{102} \times 100 = 83,3\%$$

Der Wert 83,3% ist kleiner als der Idealwert 91,3% und liegt außerhalb der mittleren Streubreite ($S_D = \pm 1,9$).

Es bestehen nur zwei Möglichkeiten für die Ursache des Größenmaßverhältnisses:

- a) der Zähler (Mand. = 85) ist "zu klein",
- b) der Nenner (Max. = 102) ist "zu groß" bzw. müßte kleiner gemacht werden.

Aus den bereits genannten Gründen kann in diesem Fall nur der Wert Mand 85 beibehalten werden; man geht in die Tabelle (Abb. 29) bei Mand = 85 ein und liest den entsprechenden Max-Wert ab (hier: 93,1). Demnach ist in diesem Beispiel die Oberkieferzahnreihe (16 - 26) um $102 - 93,1 = 8,9$ mm im Vergleich zur Unterkieferreihe "zu groß".

Intramaxilläre und mandibuläre Platzverhältnisse - sagittal und transversal

1. Stützzone OK/UK:

Bei der Stützzone ist zu unterscheiden zwischen dem

- vorhandenen Platz der Stützzone (Ist-Wert) und
- erforderlichen Platz der Stützzone (Soll-Wert).

Vorhandener Platz der Stützzone:

Strecke zwischen dem distalen anatomischen Kontaktpunkt des lateralen Inzisivus und dem mesialen anatomi-

schen Kontaktpunkt des 1. Molaren; die Strecke bezieht sich auf den wirklich vorhandenen Platz (Abb. 30).



Abb. 30: Bestimmung des vorhandenen Platzes der Stützzone

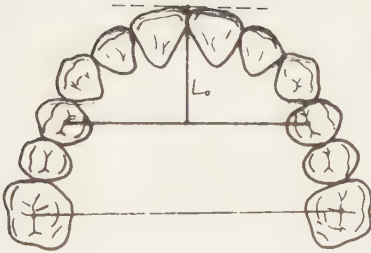
Erforderlicher Platz der Stützzone:

Summe der Zahnbreiten der bleibenden Zähne der Stützzone (war ein Zahn auf einer Seite noch nicht durchgebrochen, so wurde für die erforderliche Stützzonenlänge der Wert des entsprechenden Zahnes der anderen Kieferhälfte herangezogen). Die Differenz Ist-Wert - Soll-Wert gibt demnach an, ob für die bleibenden Zähne ausreichend Platz oder Platzmangel vorhanden ist. Die Messung des Ist-Wertes erfolgte mit der Schieblehre.

2. Oberes Zahnbogenlot Lo (vordere Zahnbogenlänge)

(Abb. 31):

Lot von der labialen Fläche der mittleren Inzisivi auf die Verbindungslinie der tiefsten Punkte der 4er-Kaufläche, durch den Kontaktpunkt zwischen den Einsern verlaufend.



PONT'scher Index:

$$\frac{SI \times 100}{80} = \text{Abstand } 4 + 4$$

$$\frac{SI \times 100}{64} \quad \text{Abstand } 6 + 6$$

(Modifikation erfolgte
nach LINDER-HARTH 1930)

Abb. 32: Oberes Zahnbogenlot Lo

3. Eckzahndistanz Ober-/Unterkiefer (Abb. 32)

Gemessen wurde der Abstand zwischen den Höckerspitzen der Eckzähne; war der bleibende Zahn noch nicht erupiert, so wurde die Höckerspitze des Milcheckzahnes als Referenzpunkt verwendet. Bei Abrasion wurde die vermutliche Spitze mit einem Bleistift markiert (M. JANSON 1981).

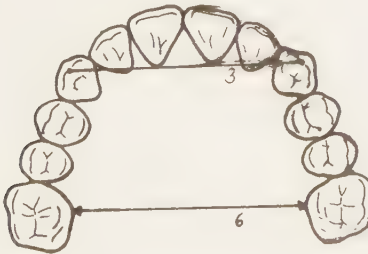


Abb. 32: Eckzahndistanz/Molarendistanz

4. Molarendistanz Ober-/Unterkiefer (Abb. 32)

Kürzester Abstand zwischen den 1. Molaren lingual. Als Referenzpunkt wird die Fläche unmittelbar über der Gingiva verwendet. Bei Lingualkipfung wird der kürzeste Abstand gewählt (M. JANSON 1981).

Die Messung der Variable 3. und 4. erfolgte wieder mit der Schieblehre.

Sagittale und vertikale intermaxilläre Werte

5. Vertikaler Überbiß (Abb. 33)

Vertikaler Abstand der Inzisalkante der mittleren Oberkieferinzisivi von der Inzisalkante der unteren mittleren Inzisivi, projiziert auf die Sagittalebene.

Messung: Die Position der Inzisalkante der Oberkieferinzisivi wurde an der Labialfläche der unteren Inzisivi mit einem Bleistift markiert und mit einem Lineal gemessen.

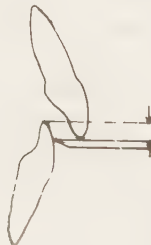


Abb. 33: Vertikaler Überbiß

6. Sagittaler Überbiß (Abb. 34)

Horizontale Streckenmessung zwischen der am weitesten labial orientierten Fläche eines bleibenden oberen Inzisivus und der entsprechenden Fläche eines Unterkieferinzisivus (M. JANSON 1981). Aufgrund des Patientengutes (Klasse II-Malokklusion) wurden nur positive Werte gemessen.

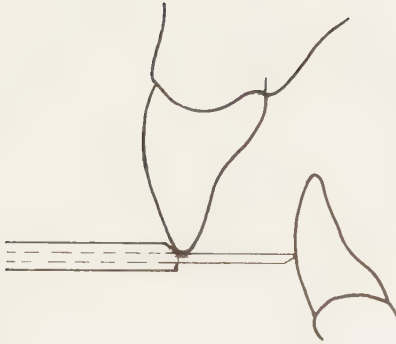


Abb. 34: Sagittaler Überbiß

Qualitative Variable - Stellungsanomalien (Fehlstand) einzelner Zähne bzw. Zahngruppen (sagittal, transversal und vertikal)

A. Transversale:

7. Asymmetrie transversal Oberkiefer (Abb. 35)

Nach SCHMUTH 1973 ist für die transversale Symmetrieuntersuchung des Oberkiefers die Raphe palati mediana als Bezugslinie geeignet. Im Symmetrie-Idealfall teilt diese Linie bei der Aufsicht von okklusal den Oberkieferzahnbogen in zwei gleich große Hälften. Zur Messung wird die Raphe palati mediana beim Abgang des 2. Gaumenfaltenpaares und möglichst weit dorsal davon mit einem Bleistift markiert; mit Hilfe des "Orthodontischen Visiermeßkreuz" (SCHMUTH 1973) kann eine evtl. bestehende transversale Asymmetrie festgestellt werden.

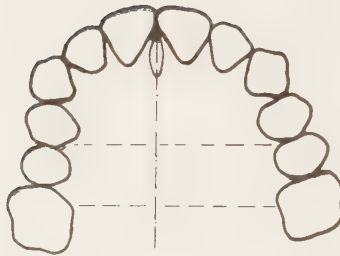


Abb. 35: Asymmetrie transversal

8. Kreuzbiß im Seitenzahnbereich (Abb. 36, 37)

Hierbei okkludieren die lingualen Höcker der Unterkieferseitenzähne mit der zentralen Fissur der Oberkieferseitenzähne.

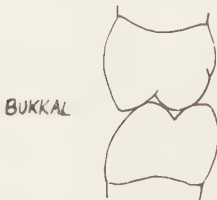


Abb. 36:
Normalokklusion

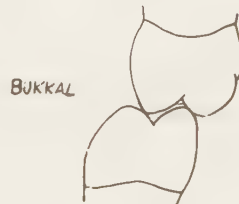


Abb. 37:
Kreuzbiß

9. Kopfbiß im Seitenzahnbereich (Abb. 38)

Eine Kopfbißsituation ist gegeben, wenn Höcker mit Höcker okkludieren.



Abb. 38: Kopfbiß

10. Nonokklusion palatinal (Abb. 39) oder buccal (Abb. 40) in Schlußbißstellung befindet sich der Oberkieferseitenzahn entweder buccal oder palatinal neben dem entsprechenden Unterkieferantagonisten, ohne daß ein Okklusionskontakt besteht.



Abb. 39:
Nonokklusion palatinal



Abb. 40:
Nonokklusion buccal

11. Mittellinienverschiebung (Abb. 41)

Keine Übereinstimmung der Mitte der Oberkieferfrontzähne mit der Mitte der Unterkieferfrontzähne.

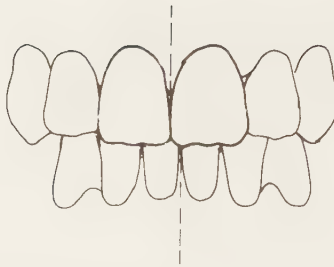


Abb. 41: Mittellinienverschiebung

12. Rotation des Oberkiefer-Sechsjahrmolaren (Abb. 42)
Orientierungslinie stellt die Idealposition des Zahnes im Idealbogen dar. Die Sechsjahrmolaren mit einer Rotation über 15° wurden bei Rotation des buccalen Höckers nach mesial mit + und bei distaler Rotation mit - in eine Tabelle (Nr. 2) eingetragen (M. JANSON 1981). Die Messung erfolgte mit einer Schablone (siehe Abb. 43).

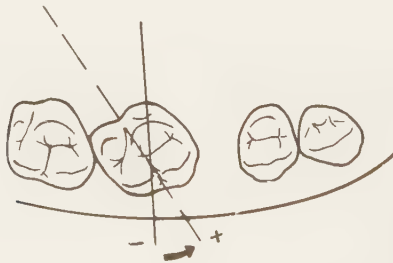


Abb. 42: Rotation des Oberkiefer-Sechsjahrmolaren

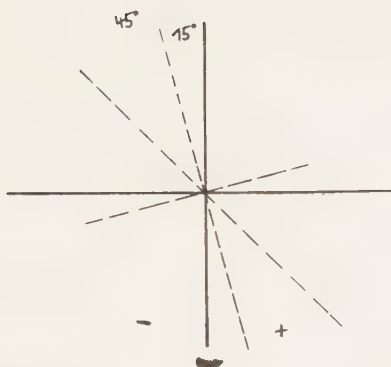


Abb. 43: Meßschablone

B. Vertikale:

13. Infraokklusion Front (Abb. 44)

Registriert wird jeder voll erupierte Frontzahn in Infra-
position von mehr als 2 mm.



Abb. 44: Infraokklusion Front

14. Tiefbiß mit Einbiß (Abb. 45)

Es besteht in Schlußbißstellung ein Kontakt der Unterkieferinzisivi mit der palatinalen Gingiva.



Abb. 45: Tiefbiß mit Einbiß

15. Okklusionsebenenneigung der Oberkiefer-6er (Abb. 46)

Mit dieser Variablen wird die Neigung der Okklusionsfläche der Sechsjahrmolaren geprüft im Hinblick auf evtl. "hängende" palatinale Höcker; gemessen wird der Abstand der bukkalen Höcker von der Okklusionsebene unter Zuhilfenahme von Metallklötzchen in verschiedener Stärke; Einteilung 0, 1/2 mm, 1 mm, 1 1/2 mm, 2 mm.



Abb. 46: Okklusionsebenenneigung der Oberkiefer-Sechsjahrmolaren

16. Spee'sche Kurve (Abb. 47)

Distanz zwischen niedrigstem Punkt der Zahnreihe bei vollständig erupierten Zähnen zu einer Ebene, die zwischen Inzi-

sivi und 6 bzw. 7 sagittal orientiert wird. Einteilung im Wechselgebiß: 0 = keine, 1 = leicht, 2 = mäßig, 3 = ausgeprägt.

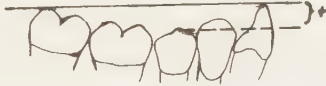


Abb. 47: Spee'sche Kurve

17. Ectopic Eruption

Abnormale Position oder Durchbruch eines Zahnes entsprechend der Keimverlagerung.

C. Sagittale:

18. Kronenneigung Oberkiefer und Unterkiefer (Abb. 48)

Nach mesial (+) oder nach distal (-) gekippte Zähne werden mittels einer Meßschablone mit 15°-Einteilung bestimmt, wobei die Okklusionsebene als Orientierungsebene dient.

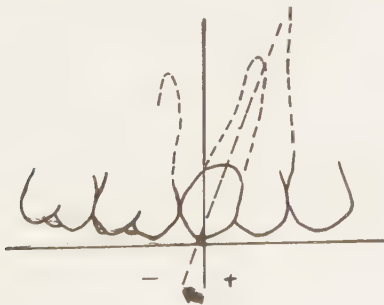


Abb. 48: Kronenneigung Ober- und Unterkiefer

19. Displacement (Abb. 49)

Jede Verschiebung der Frontzähne in der Horizontalebene um mehr als 2 mm aus dem Idealbogen heraus wurde in die Modell-Tabelle eingetragen.



Abb. 49: Displacement

20. Inversion Oberkiefer (Abb. 50)

Oberkieferfrontzähne, die in Kreuzbißstellung zu den Unterkieferinzisivi stehen, wurden in das Befundschema eingetragen.



Abb. 50: Inversion Oberkiefer

21. Sagittale Asymmetrie der Oberkiefer-Sechsjahrmolaren (Abb. 51)

Als Bezugslinie diente hier wie bei der transversalen Asymmetrie die Raphe palati mediana; im Falle einer sagittalen Ungleichheit der Sechsjahrmolaren wurde der weiter mesial stehende Molar angegeben mit der beim Seitenvergleich ermittelten Differenz in mm.

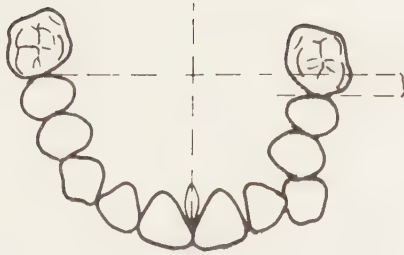


Abb. 51: Sagittale Asymmetrie der Oberkiefer-6er

22. Angle Klassifizierung (Abb. 52)

Mit Hilfe der Angle-Klassifizierung können sagittale intermaxilläre dentoalveoläre Okklusionsbeziehungen in drei Gruppen eingeteilt werden:

- neutrale Relation = Klasse I
- distale Relation = Klasse II
- mesiale Relation = Klasse III.

Definitionsgemäß liegt bei der Kl. I die Spitze des mesio-buccalen Höckers des Oberkiefer-Sechsjahrmolaren auf einer Linie mit der Querrfissur des Unterkiefer-Sechsjahrmolaren; der Oberkiefereckzahn zeigt mit seiner Höckerspitze in den Interokklusionsraum zwischen Unterkiefer 3er und 4er. Bei Kl. II-Relation befindet sich die Querrfissur des Unterkiefer-Sechsjahrmolaren distal vom mesio-buccalen Höcker des Oberkiefer-Sechsjahrmolaren, bei Kl. III-Relation liegt die Querrfissur mesial davon. Als Bedingung für dieses Schema gilt allerdings, daß keine Zahnwanderungen eingetreten sein dürfen; in diesem Fall sind die gewanderten Zähne mittels Rekonstruktion an ihren ursprünglichen Platz zu versetzen, bevor die Beurteilung erfolgt. Für die vorliegende Untersuchung wurde die Molaren- und Eckzahnrelation einzeln bestimmt und mit Angabe der jeweiligen Differenz in Prämolarenbreite (1/2, 1, 1 1/2 etc.) in das Befundschema eingetragen.

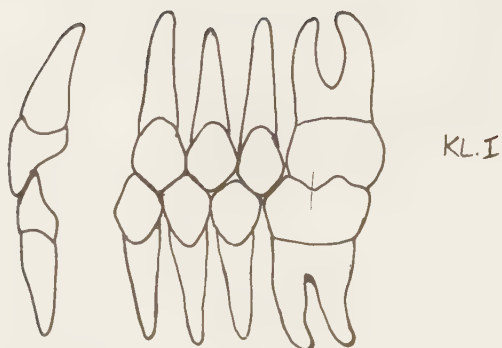


Abb. 52: Angle-Klassifizierung

2.1.4 Handröntgenaufnahme (HA)

2.1.4.1 Technische Daten

Die Herstellung der Handröntgenaufnahme erfolgte wie die der FRS- und OPT-Bilder mit dem Orthoceph der Fa. Siemens. Die Filmkassette (18 x 24) befand sich in der gleichen Position wie bei der Aufnahme von FRS-Bildern.

Zur Aufnahme legt der Patient die linke Hand auf die Kassette und stellt sie damit in den Strahlengang.

- Röhrenspannung: 60 kV
- Aufnahmezeit: 0,4 sec.
- Film: Cronex Dupont mit Rubinverstärkungsfolie.

2.1.4.2 Analyse nach PYLE und BJÖRK (Abb. 53)

Die Wachstumsperiode der einzelnen Patienten kann nach der Analyse von PYLE und BJÖRK in neun skelettale Reifestadien eingeteilt werden.

1. Vorstadium:

Der Beurteilung dient die proximale Phalange des Zeigefingers. Hat die Epiphyse in ihrer Breite die Diaphyse noch nicht erreicht, liegt das sogenannte Vorstadium für die skelettale Reife vor. Zu dieser Zeit ist die Wachstumsgeschwindigkeit meist klein; der Patient befindet sich in der juvenilen Periode.

2. PP₂-Stadium:

Die Beurteilung richtet sich wieder nach der proximalen Phalange des Zeigefingers. Hat die Epiphyse die gleiche Breite wie die Diaphyse erreicht, befindet sich der Patient im sogenannten pubertalen Minimum, am Ende der juvenilen Periode. Hier ist die Wachstumsgeschwindigkeit klein, das maximale Längenwachstum steht noch bevor. Jedoch darf nicht vergessen werden, daß zu dieser Zeit auch Wachstum vorhanden ist.

3. MP₃-Stadium:

Die Entwicklung der mittleren Phalange des Mittelfingers wird beachtet. Die Epiphyse hat hier die gleiche Breite wie die Diaphyse erreicht, der Patient befindet sich am Beginn der adoleszenten Periode am aufsteigenden Schenkel der Wachstumskurve (vgl. Abb. 54). Das maximale Längenwachstum steht demnach unmittelbar bevor oder ist gerade im Gange.

4. S-Stadium:

Zur Beurteilung kommt das metacarpophalangiale Gelenk des Daumens. Die ersten Anzeichen von Ossifikation des ulnaren Sesamoides bedeutet, daß maximales Längenwachstum unmittelbar bevorsteht oder gerade erreicht ist.

5. MP₃-cap. Stadium:

Wieder liegt die mittlere Phalange des Mittelfingers der Beurteilung zugrunde. Die Epiphyse muß eine Kappenform in Richtung auf die Diaphyse eingenommen haben. Mit diesem Befund wäre der Höhepunkt des maximalen Längenwachstums charakterisiert.

6. DP_{3u}-Stadium:

Hier ist der Befund in den distalen Phalangen des Mittelfingers ausschlaggebend. Ist nach der anfänglichen Verschmelzung eine vollständige Verknöcherung der Epiphysenlinie zu erkennen, steht das Ende der Adoleszenzperiode bevor, der pubertäre Wachstumschub ist überschritten.

7. PP_{3u}-Stadium:

Die proximale Phalange des Mittelfingers wird beurteilt. Ist nach der Verschmelzung eine vollständige Verknöcherung der Epiphysenlinie aufzufinden, neigt sich die Entwicklung dem Ende zu.

8. MP_{3u}-Stadium:

Ist eine vollständige Verknöcherung der mittleren Phalange des Mittelfingers zu erkennen, ist das Wachstumsmaximum endgültig überschritten.

9. R_u-Stadium:

Jetzt stehen die distalen Epiphysenlinien von Radius und Ulna zur Beurteilung an. In dieser letzten Phase muß auch hier eine vollständige Verknöcherung auffallen. Eine wesentliche Wachstumszunahme findet nicht mehr statt.

BJÖRK-Wachstumsanalyse

Stadien	PP ₂	MP ₃	S	MP ₃ cap	DP ₃ u	PP ₃ u	MP ₃ u-R _u
Vor-stadium	steht noch bevor	unmittelbar davor	gerade erreicht	intensiv. Wachstum	pub. Schub ber. vorbei	Maximum überschr.	Wachstum beendet
maximales Längenwachstum							

Abb. 53: Wachstumsstadien der Handröntgenaufnahme

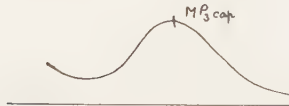


Abb. 54: Wachstumskurve

2.2 Untersuchungsbeschreibung

2.2.1 Gruppeneinteilung

Die Untersuchungsgruppe, deren Zusammenstellung nach den auf Seite 63 beschriebenen Kriterien erfolgte, wurde entsprechend dem Handröntgenbefund zu Behandlungsbeginn in eine vorpubertäre und pubertäre Gruppe aufgeteilt.

Die vorpubertäre Gruppe besteht aus Probanden, die zum Anfangsbefund die Stadien: Vorstadium und PP_2 -Stadium zeigten (Zahl der Gruppe: $n = 8$).

Die pubertäre Gruppe besteht aus Probanden, die zum Anfangsbefund die Stadien MP_3 , S, MP_{3cap} und PP_{3u} zeigten (Zahl der Gruppe: $n = 23$).

2.2.2 Statistisches Vorgehen

Die am Fernröntgenseitenbild und Modell gemessenen Variablen wurden durch eine statistische Analyse ausgewertet. Das Ziel der statistischen Untersuchung war, die Unter III. formulierten Fragen zu beantworten.

1. Mittelwerte, Standardabweichungen, Minima und Maxima der beiden Beobachtungszeitpunkte (Anfangs- und Endbefund)

Für jede Gruppe wurden die Mittelwerte, Standardabweichungen, Minima und Maxima der einzelnen Variablen zum Anfangs- und Endbefund mit Hilfe eines Hewlett Packard 67-Rechners berechnet.

Die Berechnung des Mittelwertes erfolgte nach der Formel:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

Für die Standardabweichung gilt:

$$s_x = \frac{\sum x_i^2 - n\bar{x}^2}{n - 1}$$

Die Standardabweichung gibt die Möglichkeit, die Streuung der einzelnen Variablen abzuschätzen. Minima und Maxima zeigen die Variationsbreite der jeweiligen Variablen auf. Die einzelnen Werte sind in der Tabelle 4 und 5 aufgeführt.

2. Differenzbildung zwischen Anfangsbefund und Endbefund

Entsprechend der oben angegebenen Formeln wurden für die Differenzen der Realisierungen des Anfangs- und Endbefundes von vorpubertärer und pubertärer Gruppe die Mittelwerte, Standardabweichungen sowie Minima und Maxima berechnet.

Die Mittelwerte der Differenzen, die wie die Standardabweichungen Minima und Maxima den Tabellen 4 u. 5 zu entnehmen sind, ermöglichen die Abschätzung der Veränderungstendenz der einzelnen Variablen in der Beobachtungsperiode. Die Berechnung dieser Werte erfolgte ebenfalls mit Hilfe des Hewlett-Packard 67-Rechners.

3. Differenzprüfung (Wilcoxon-Test)

Aufgrund der niedrigen Fallzahlen (vorpubertär $n = 8$, pubertär $n = 23$) wurden zur Prüfung der Signifikanz der Differenzen zwischen Anfangs- und Endbefund bei beiden Gruppen der Wilcoxon-Test herangezogen, da dieser im Gegensatz zum t-Test keine Normalverteilung der Werte voraussetzt. Der Wilcoxon-Test gestattet nach SACHS 1976 die Prüfung, ob die Differenzen zweier verbundenen Stichproben symmetrisch mit dem Median gleich Null verteilt sind.

$$H_0 : F(+d) + F(-d) = 1$$

Die Differenzen der Anfangs- (x_1) und Endwerte (x_2)

$$d_i = x_{i1} - x_{i2}$$

werden in aufsteigende Rangordnung gebracht (die kleinste Differenz erhält die Rangzahl 1 ... n die größte der Rangzahlen) und entsprechend der Größe der Differenzen mit einer Rangzahl versehen. Außerdem wird notiert, ob die zugehörige Differenz ein negatives oder positives Vorzeichen aufweist.

Die Summe der positiven und negativen Rangzahlen (R_p und R_n) werden kontrolliert nach der Gleichung $R_p + R_n = n(n+1)/2$; für den Test ist der kleinere der beiden R-Werte relevant. Die Nullhypothese wird verworfen, wenn der berechnete R-Wert kleiner oder gleich dem kritischen Wert $R(n; \alpha)$ der Tabelle für die Wilcoxon-Paar-Differenzen ist (Tabelle nach Mc CORNACK, J. Amer. Stat. Assoc. 60, 864-871 (1965)).

Die signifikanten R-Werte sind der Tabelle 6 zu entnehmen.

4. Differenzprüfung zwischen den Anfangswerten der beiden Gruppen

Um die Frage zu klären, ob zu Beginn der Untersuchung zwischen vorpubertärer und pubertärer Gruppe gleiche Ausgangsbedingungen bestehen, wurden die Differenzen zwischen den Anfangsrealisierungen der beiden Gruppen mit dem Mann-Whitney-Test (U-Test) auf Signifikanz geprüft. Dieser Test benötigt wie der Wilcoxon-Test keine normalverteilten Werte.

Der U-Test von Mann und Whitney prüft nach SACHS 1976 die Alternativhypothese: die Wahrscheinlichkeit, daß eine Beobachtung der ersten Grundgesamtheit größer ist als eine beliebig gezogene Beobachtung der zweiten Grundgesamtheit, ist ungleich 1/2.

Der Test ist empfindlich gegenüber Mittelwertunterschieden.

Für die Berechnung der Prüfgröße U werden die (m + 2) Stichprobenwerte in eine gemeinsame aufsteigende Rangfolge gebracht mit dem Vermerk der Zugehörigkeit zu einer der beiden Stichproben. Wenn R_1 die Summe der auf Stichprobe 1 entfallenden Rangzahlen ist und R_2 analog die Summe der auf Stichprobe 2 entfallenden Rangzahlen ist, kann nach den Gleichungen:

$$U_1 = mn + \frac{m(m+1)}{2} - R_1,$$

$$U_2 = mn + \frac{n(n+1)}{2} - R_2$$

und $U_1 + U_2 = mn$ der U-Wert berechnet werden, wobei der gesuchte Prüfwert die kleinere der beiden Größen U_1 und U_2 ist.

Die Nullhypothese ist dann zu verwerfen, wenn der berechnete U-Wert kleiner oder gleich dem kritischen Wert der Tabelle für die U-Werte ist (kritische Werte von U für den Test von Wilcoxon, Mann und Whitney: MILTON, R.C., J.Amer.Stat.Assoc. 59, 925-934 (1964).

Die Analyse der Differenzen zwischen den Anfangswerten der vorpubertären und pubertären Gruppe ergab, daß nur bei der Variable SAGITTALER ÜBERBISS ein ganz schwach signifikanter Unterschied besteht ($\alpha = 20\%$). Bei der Differenzprüfung zwischen den Endwerten der vorpubertären und pubertären Gruppe waren keine signifikanten Unterschiede zu beobachten.

Die Berechnung der U-Werte wie der R-Werte (Wilcoxon-Test) wurde am Institut für medizinische Datenverarbeitung in München-Großhadern vorgenommen.

V. ERGEBNISSE

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie, differenziert für die vorpubertäre (n = 8) und pubertäre (n = 23) Gruppe sind in den Tabellen 4 - 12 dargestellt. (S. 185 - 193)

1. Die kephalometrischen Variablen sind als absolute Werte im Mittelwert mit Standardabweichung sowie kleinstem und größtem Wert jeweils für ersten und zweiten Behandlungszeitpunkt in Tab. 4 und Tab. 5 aufgeführt. Weiter ist die Differenz zwischen Anfangs- und Endbefund für beide Gruppen sowie deren Prüfung als Signifikanz nach dem Wilcoxon-Test eingetragen.

2. Für die Ergebnisse der Auswertung des Orthopantomogrammes informiert die Tabelle 10 sowohl für die vorpubertäre als auch für die pubertäre Gruppe.

3. Die Modellmeßwerte sind wiederum mit Mittelwerten, Standardabweichungen, Differenzen sowie Differenzprüfungen in den Tabellen 8 und 9 zusammengestellt.

Weitere dreidimensionale Vermessungsbefunde der Zahnbögen und der Okklusion zeigen die Tabellen 11 und 12.

1. Anfangsbefund, differenziert nach vorpubertärer und pubertärer Gruppe

1.1 Fernröntgenseitenbild

1.1.1 Skelettale Aussage - Tabellen 4, 5

Die Gesichtstyp-Referenzbasis, die nach den Mittelwerten der Variablen SNA, SNB, NL-NSL, ML-NSL und NSBa bestimmt wird, ist bei beiden Gruppen als orthognath einzustufen mit einer retrognathen Tendenz der Mandibula (Tab. 9 und 10). Diese ist in der pubertären Gruppe stärker ausgeprägt (SNB-Winkel: $\bar{x} = 73,87^\circ$; s = 3,26) gegenüber der vorpubertären Gruppe (SNB-Gruppe: $\bar{x} = 75,03$; s = 3,279).

Für die OK- und UK-Kieferbasen (NL-NSL und ML-NSL) fällt sowohl in der vorpubertären als auch in der pubertären Gruppe eine anteriore Neigung auf.

Der basale Trend der Anomalien zeigt für beide Gruppen sagittal eine distale Kieferbasisbeziehung mit einem ANB-Winkel von $5,31^\circ$ ($s = 1,50$) in der vorpubertären Gruppe und von $5,14^\circ$ ($s = 1,11$) in der pubertären Gruppe. Es liegt damit eine distale basale Kieferrelation vor.

Die Variationsbreite des ANB-Winkels reicht vorpubertär von $3,7^\circ$ bis $7,9^\circ$, pubertär von $3,3^\circ$ bis $7,7^\circ$.

Vertikal kann die interbasale Relation mit einem mittleren ML-NL-Winkel von $24,34^\circ$ ($s = 5,67$) vorpubertär und von $24,57^\circ$ ($s = 6,27$) pubertär unter Berücksichtigung des Verhältnisses von oberer zu unterer Gesichtshöhe als ausgewogen bezeichnet werden (vorpubertär Quotient $\bar{x} = 83,76\%$, pubertär: Quotient $\bar{x} = 84,26\%$).

Die Neigung des Mandibularebenenwinkels ML-NSL ist mit $31,8^\circ$ ($s = 4,3$) vorpubertär und $33,27^\circ$ ($s = 5,78$) pubertär in beiden Gruppen nicht erhöht.

1.1.2 Dentoalveoläre Aussage (Tabellen 4, 5)

Im dentoalveolären Bereich ist nach den "Normalwerten" aus der Tabelle von HASUND (38, siehe S. 69 Abb. 2) sowie nach STEINER (80a) die Achsenstellung der Frontzähne im OK und UK nach der metrischen Aussage als leicht retrudiert anzusehen. Dies gilt für die vorpubertäre Gruppe. In der pubertären Gruppe sind die OK-Inzisivi stärker retrudiert, die UK Inzisivi leicht protrudiert.

1.2 Orthopantomogramm

Beim Lageverhältnis von 1. und 2. Molaren dominieren in beiden Gruppen die normalen Beziehungen. Für die Beziehung zwischen 2. und 3. Molaren kann eine ähnliche Aussage gemacht werden (Tabelle 10).

Bezüglich der Beurteilung: Fächerform der Frontzähne im Oberkiefer findet sich in der vorpubertären Gruppe bei 5 von 8 Patienten kein entsprechender Befund, lediglich 2 zeigen leichte, ein Patient mittlere Fächerformstellung. In der pubertären Gruppe ist die Zahl der leichten Fächerformstellungen höher: 12 von 21 Patienten weisen diesen Befund auf (siehe Tabelle 10).

Die prozentualen Anteile der Normal-, Vor- und Spätzzahner der beiden Gruppen zeigen vorpubertär primär Spätzzahner (50%), Normalzahner (37,5%), dann Frühzahner (12,5%). In der pubertären Gruppe stehen die Normalzahner mit 60,9% an erster Stelle, dann die Spätzzahner mit 30,4% vor den Frühzähnern mit 8,7% (siehe Tabelle 10).

1.3 Modell

Die Vermessung der Stützzonen im Ober- und Unterkiefer zeigen in der vorpubertären Gruppe mehr Platzüberschuß als in der pubertären Gruppe. In beiden Gruppen ist der Unterschied zwischen rechter und linker Seite im Oberkiefer sowie im Unterkiefer unbedeutend (siehe Tabellen 8, 9).

Von den Modellvariablen sind weiter besonders zu erwähnen: die ausgeprägte Frontzahnstufe in der vorpubertären Gruppe mit $\bar{x} = 7$ mm. In der pubertären Gruppe ist der sagittale Überbiß deutlich kleiner ($\bar{x} = 4,03$ mm). Die Werte dieser Variablen sind charakteristisch für die vorliegende Kl. II-Malokklusion.

Der vertikale Okklusionsbefund ist in beiden Gruppen mit $\bar{x} = 4,03$ (vorpubertär) und $\bar{x} = 3,93$ (pubertär) als moderat tief zu bezeichnen.

Bei der Molaren- und Eckzahnrelation kann aus der Tabelle 11 das Ausmaß der Kl. II-Okklusionen festgestellt werden.

Im weiteren sind die Ergebnisse für die anteriore (4 + 4) und posteriore (6 + 6) Zahnbogenbreite sowie die anteriore Zahnbogenlänge (LO) nach PONT, KORKHAUS und LINDER-HARTH den Tabellen 8, 9 zu entnehmen, ebenso die weiteren transversalen Messungen: Intereckzahn- und Intermolarendistanz, diesmal für Ober- und Unterkiefer erstellt.

2. Endbefund - Mittelwerte und Standardabweichungen - differenziert nach vorpubertärer und pubertärer Gruppe

2.1 Fernröntgenseitenbild

2.1.1 Skelettale Aussage (Tabellen 4, 5)

Die Gesichtstyp-Referenzbasis liegt auch hier wieder vorpubertär und pubertär im orthognathen Bereich; die retrognathe Tendenz der Mandibula ist wiederum in der pubertären Gruppe (SNB-Winkel: $\bar{x} = 74,77^\circ$ ($s = 3,45$) größer als in der vorpubertären Gruppe (SNB-Winkel: $\bar{x} = 75,81^\circ$ ($s = 2,19$)).

Für den basalen Trend zeigt der ANB-Winkel in der sagittalen Aussage sowohl in der vorpubertären wie in der pubertären Gruppe eine neutrale Basisbeziehung (vorpubertär ANB-Winkel: $\bar{x} = 3,66^\circ$, $s = 2,01$; pubertär ANB-Winkel: $\bar{x} = 3,80^\circ$, $s = 1,62$).

Die vertikale Basis-Beziehung kann wiederum nach ML-NL und Quotienten in beiden Gruppen als relativ ausgewogen bezeichnet werden. Der Mandibularebenenwinkel ML-NSL deutet in beiden

Gruppen eine leichte anteriore Rotationstendenz an (vorpubertär: ML-NSL-Winkel: $\bar{x} = 30,99^\circ$, $s = 4,36$; pubertär: ML-NSL-Winkel: $\bar{x} = 32,90^\circ$, $s = 5,91$), wenn zur Beurteilung die individuellen Normwerte nach der Gesichtstypferenzlinie zugrunde gelegt werden.

2.1.2 Dentoalveoläre Aussage (Tabellen 4, 5)

Die Oberkieferfrontzähne stehen in der vorpubertären Gruppe protrudiert (I-NA in mm $\bar{x} = 4,45$, $s = 3,70$); die Unterkieferfrontzähne ganz schwach retrudiert bzw. korrekt (I-NB in mm $\bar{x} = 3,66$; $s = 1,17$). In der pubertären Gruppe läßt sich die Stellung der Oberkiefer-Inzisivi nach der gleichen Beurteilung als retrudiert bezeichnen (I-NA in mm $\bar{x} = 3,05$, $s = 2,87$), die Stellung der Unterkiefer-Inzisivi als leicht protrudiert (I-NB in mm $\bar{x} = 4,88$, $s = 2,00$).

2.2 Orthopantomogramm

In der vorpubertären Gruppe sind für die Lagebeziehung zwischen 1. und 2. Molaren wiederum nur normale und enge Befunde zu bezeichnen, relativ gleichmäßig verteilt. In der pubertären Gruppe liegt das Schwergewicht auf einer normalen Lagebeziehung zwischen 1. und 2. Molaren (links bei 19, rechts bei 18 Patienten) (siehe Tabelle 10).

Für die Position von 2. zu 3. Molaren fällt in der pubertären Gruppe wieder mehr normale Lagebeziehung auf: 11 resp. 14 Patienten. Nur 9 resp. 5 Patienten zeigen eine enge Aussage.

Die Fächerform der Frontzähne ist in beiden Gruppen nur bei einer kleinen Anzahl von Patienten zu finden.

2.3 Modell

Bei beiden Gruppen besteht ein Platzüberschuß in den Ober- und Unterkiefer-Stützzonen rechts wie links. In der vorpubertären Gruppe zeigt dabei die rechte Oberkiefer-Stützzone größeren Platzüberschuß: $\bar{x} = 3,05$ mm als links ($\bar{x} = 2,75$ mm). Im Unterkiefer liegt der Wert für die linke Seite mit $\bar{x} = 1,3$ mm leicht über der rechten: $\bar{x} = 1,14$ mm. In der pubertären Gruppe kann der Platzüberschuß rechts wie links im Ober- und Unterkiefer als gleich angesehen werden.

Die transversalen und sagittalen Zahnbogenvermessungen sind wiederum aus den Tabellen 4 und 5 bestens zu entnehmen. Ebenso das Ausmaß des sagittalen und vertikalen Überbisses und die übrigen Variablen.

3. Differenzen

3.1 Differenzen zwischen Anfangs- und Endbefund innerhalb der vorpubertären bzw. pubertären Gruppe

3.1.1 Fernröntgenseitenbild

Die kephalometrischen Variablen, die den Gesichtstyp charakterisieren, zeigen folgende Veränderung:

Der SNA-Winkel, maßgebend für die sagittale Position der Maxilla, weist in beiden Gruppen eine Tendenz zur Verringerung auf: Vorpubertär ist die Winkelverkleinerung $\bar{x} = 0,86^\circ$ signifikant auf dem Niveau von 2%, pubertär mit $\bar{x} = -0,43$ signifikant auf dem 5%-Niveau.

Die sagittale Position der Mandibula: SNB-Winkel läßt dagegen eine Veränderung zu einer mehr anterioren Lage erkennen. Die Winkelzunahme beträgt vorpubertär $0,79^\circ$ und pubertär $0,9^\circ$; die pubertäre Veränderung ist signifikant ($p \leq 1\%$).

Die SNA-Abnahme sowie die SNB-Zunahme bringt als Folge für den ANB-Winkel in beiden Gruppen eine hochsignifikante Verkleinerung um $1,65^\circ$ vorpubertär ($p \leq 1\%$) und $1,34^\circ$ pubertär ($p \leq 5\%$). Ähnliche Veränderungen zeigt der SNPg-Winkel, wiederum signifikant in der pubertären Gruppe. Der zu diesen beiden Werten, SNB-Winkel und SNPg-Winkel, in Relation stehende Wert Pg-NB in mm vergrößert sich ebenfalls in beiden Gruppen signifikant.

Bezüglich der vertikalen Relation kann für den Mandibularenwinkel ML-NSL eine Winkelverkleinerung in beiden Gruppen beobachtet werden. Diese ist größer in der vorpubertären Gruppe ($\bar{x} = -0,81^\circ$; $p \leq 5\%$) als in der pubertären Gruppe ($\bar{x} = 0,37^\circ$).

Die Neigung der Oberkieferbasis NL-NSL verändert sich in beiden Gruppen nur wenig; die leichte Winkelzunahme in der pubertären Gruppe ($\bar{x} = +0,45^\circ$) ist schwach signifikant ($p \leq 5\%$).

Für die vertikale Interbasalrelation (ML-NL-Winkel) ergibt sich aus den obengenannten Veränderungen wiederum eine Abnahme des ML-NL-Winkels sowohl in der vorpubertären ($\bar{x} = 1,19^\circ$) wie in der pubertären Gruppe ($\bar{x} = -0,8^\circ$). Die Ergebnisse sind jeweils signifikant. In Abhängigkeit dazu steht auch die Veränderung der vorderen Gesichtshöhe, im Index mit Quotient dargestellt. Die Vergrößerung des Quotienten (vorpubertär um $1,75\%$) steht in Einklang mit der Verkleinerung des ML-NL-Winkels; pubertär dürfte das verstärkte Unterkieferwachstum für die leichte Verringerung des Quotienten ($-0,57\%$) verantwortlich sein.

Die bemerkenswerteste Veränderung der skelettalen Variablen zeigt der Holdaway-Winkel: er nimmt in beiden Gruppen hochsignifikant ab (vorpubertär: $p \leq 2\%$; pubertär $p \leq 0,5\%$). Die

mittlere Winkelverkleinerung beträgt in der vorpubertären Gruppe $-2,88^\circ$ und in der pubertären Gruppe $-2,64^\circ$.

Die dentoalveolären Veränderungen sind durchwegs nicht signifikant. Der Interinzisalwinkel vergrößert sich zwar in beiden Gruppen, auf Grund der starken Streuung der Werte ist aber keine generelle Aussage möglich; Entsprechendes gilt auch für die Winkelabnahme der Unterkieferfrontzahnneigung in der vorpubertären Gruppe. Die metrischen Werte zeigen stets eine leichte Zunahme im Sinne der Protrusion, die am größten ist in der vorpubertären Gruppe für die OK-Inzisivi: $\bar{x} = 1 \text{ mm}$.

3.1.2 Orthopantomogramm

Bei den Lagebeziehungen der Molaren ist nur die Zunahme der "engen" Befunde zwischen den 2. und 3. Molaren in der pubertären Gruppe bemerkenswert.

Ein Drittel der leichten Fächerformstellungen in der pubertären Gruppe zeigt eine Tendenz zur Normalisierung.

3.1.3 Modell

Die Veränderungen innerhalb der Stützzonen im Oberkiefer wie im Unterkiefer sind nur geringfügig, jedoch unterschiedlicher Art. Im Oberkiefer vergrößert sich der Platzüberschuß um $0,5 \text{ mm}$ rechts und links um $0,16 \text{ mm}$ vorpubertär, um $0,63 \text{ mm}$ und $0,5 \text{ mm}$ pubertär.

Im Unterkiefer nimmt der Platzüberschuß leicht ab, um 1 mm und $0,8 \text{ mm}$ vorpubertär, pubertär um $0,58$ und $0,74 \text{ mm}$, hier sogar mit Signifikanz auf dem 1% -Niveau.

Bei den transversalen Veränderungen weist nur die Variable: vordere Zahnbogenbreite ($4 + 4$) im Oberkiefer eine signifikante Vergrößerung auf ($p \leq 5\%$). Die Mittelwertveränderung ist in der vorpubertären Gruppe deutlich größer ($1,72 \text{ mm}$) als in der pubertären Gruppe ($0,69 \text{ mm}$).

Auch die übrigen transversalen Variablen im Oberkiefer zeigen alle eine Vergrößerung, die ca. um 1/2 mm liegen. Dabei sind die beiden Messungen im Molarenbereich vorpubertär jetzt geringfügig kleiner als pubertär.

Die transversalen Variablen im Unterkiefer: Intereckzahn- und Intermolarenabstand verkleinern sich jedoch nicht signifikant. Diese Verkleinerung ist vorpubertär im Eckzahnbereich des Unterkiefers kleiner ($\bar{x} = -0,3$ mm) als pubertär ($\bar{x} = 0,74$ mm). Im Molarenbereich ist die Verkleinerung vorpubertär etwas größer ($\bar{x} = 0,59$ mm) als pubertär ($\bar{x} = 0,28$ mm).

Der sagittale Überbiß läßt eine Abnahme erkennen, in der vorpubertären Gruppe wiederum größer ($\bar{x} = -1,66$ mm) als in der pubertären Gruppe ($\bar{x} = -0,63$ mm). Diese Aussage ist signifikant auf dem Niveau von 5%.

Vertikal zeigt die pubertäre Gruppe ebenfalls eine schwach signifikante Abnahme des Überbisses ($\bar{x} = -0,60$ mm), vorpubertär jedoch nicht signifikant: Abnahme um $-0,31$ mm.

Für die Molarenrelation nach der Angle-Klassifizierung sind in der vorpubertären wie in der pubertären Gruppe markante Veränderungen zu verzeichnen:

Die Klasse II-Okklusionen nehmen deutlich ab, während bei der Klasse I- und III-Okklusion eine Zunahme zu verzeichnen ist; die Zahl der starken Veränderungen (um eine Prämolarenbreite) ist in der vorpubertären Gruppe verhältnismäßig größer als in der pubertären Gruppe.

Bei der Eckzahnrelation kann eine ähnliche Veränderung wie bei den Molarenrelationen beobachtet werden, allerdings in abgeschwächter Form (siehe Tabellen 11/12).

3.2 Differenzen zwischen den Anfangs- und Endbefunden von vorpubertärer zu pubertärer Gruppe

Die statistische Analyse zu den Unterschieden zwischen den Anfangswerten der vorpubertären und der pubertären Gruppe erbrachte nur für die Variable SAGITTALER ÜBERBISS einen sehr schwach signifikanten Unterschied ($p \leq 2\%$). Dieser sagittale Überbiß ist in der vorpubertären Gruppe deutlich größer (7 mm) als in der pubertären (4,3 mm).

Es kann somit davon ausgegangen werden, daß die Ausgangsbefunde in beiden Gruppen skelettal wie alveolär ansonsten im wesentlichen gleich waren. Die geringe Zahl der vorpubertären Gruppe bringt jedoch eine gewisse Einschränkung für diese Aussage.

Für die Endwerte von vorpubertärer und pubertärer Gruppe war kein statistisch signifikanter Unterschied festzustellen. Auch diese Aussage muß in Relation auf die sehr geringe Patientenzahl in der vorpubertären Gruppe diskutiert werden.

VI. DISKUSSION

1. Spezielle Diskussion der Ergebnisse für die einzelnen Variablen am Röntgenbild und Modell in der vorpubertären und pubertären Gruppe (Tabellen 4, 5, 8, 9, 11).

1.1 Kephalometrische Variablen

Variable SNA:

Für den Prognathiegrad der Maxilla liegt in beiden Gruppen eine Abnahme vor, die bei der vorpubertären Gruppe jedoch ausgeprägter ist und auch eine höhere Signifikanz aufweist ($p \leq 0,02$). Untersuchungen an unbehandelten Kontrollgruppen zeigen eine geringfügige Abnahme des SNA-Winkels (VAN DER LINDEN 1959, ØDEGAARD 1970, DEMISCH 1973, JANSON 1977). Eine leichte Zunahme des Prognathiegrades der Maxilla stellen besonders für die Pubertät fest: BJÖRK 1947, FREUDENTHALER 1963, ABBÜHL 1976, WIESLANDER 1979, ÜLGEN 1981.

Der vorliegende Wert der durchschnittlichen SNA-Reduzierung in der vorpubertären Gruppe mit $\bar{x} = -0,86^\circ$ ($p \leq 2\%$) liegt über den hier zu vergleichbaren Werten der Kontrollgruppe von JANSON 1977 (siehe Tab. 6/7). Es kann vermutet werden, daß durch die Kombinationsbehandlung in der Vorpubertät eine leichte sagittale Reduzierung der Position der Maxilla erzielt wurde. Ein definitiver Beweis für diese Aussage müßte allerdings anhand einer Probandengruppe mit höherer Fallzahl und einer entsprechenden homogenen Vergleichsgruppe erbracht werden. Dieser Hinweis gilt auch für alle weiteren Interpretationen der folgenden Variablen. In der pubertären Gruppe muß die geringere Winkelverkleinerung (SNA: $-0,43^\circ$ $p \leq 5\%$) in Abhängigkeit zum stärker ausgeprägten Sagittal-Wachstum der Maxilla in dieser Gruppe diskutiert werden.

Die von PFEIFFER und GROBETY 1972 angegebene starke Reduzierung des SNA-Winkels um durchschnittlich $2,2^\circ$ durch die Kombinationsbehandlung mit Aktivator und zervikalem Headgear

wird in der vorliegenden Untersuchung nicht erreicht. Der Grund kann darin liegen, daß der Bionator gegenüber dem modifizierten Aktivator infolge der schwächeren Verankerung am oberen Zahnbogen viel kleinere nach hinten gerichtete Kräfte auf die Maxilla ausübt. Auch soll die Beobachtung WIESLANDERS 1975, daß Patienten im frühen Wechselgebiß (Alter ca. 8 Jahre) nach einer Behandlung mit zervikalem Headgear eine größere SNA-Reduzierung aufweisen als zwei Jahre ältere Patienten, nicht unerwähnt bleiben: das mittlere Alter der vorpubertären Gruppe lag zu Behandlungsbeginn hier bei 10,3 Jahren, die Behandlung der Patientengruppe von PFEIFFER und GROBETJ erfolgte schon mit 8,3 Jahren. Allerdings gilt es darauf hinzuweisen, daß eine chronologische Lebensaltersangabe nicht unbedingt mit einem speziellen skelettalen Reifestadium in Verbindung gebracht werden kann. Eine solche Differenzierung ist in keiner der erwähnten Arbeiten vorgenommen worden.

Variable SNB:

Der Prognathiegrad der Mandibula läßt allgemein eine deutliche Tendenz zur Vergrößerung erkennen. Die Veränderung ist in der pubertären Gruppe größer ($+ 0,9^\circ$) als in der vorpubertären Gruppe ($+ 0,79^\circ$) und erweist sich als signifikant auf dem 1%-Niveau; für die Winkelzunahme der vorpubertären Gruppe konnte keine Signifikanz gefunden werden.

Im unbeeinflussten Wachstum zeigt der SNB-Winkel ebenfalls einheitlich eine Tendenz zur Vergrößerung, die in der Pubertät noch ausgeprägter ist (BJÖRK 1947, VAN DER LINDEN 1959, DEMISCH 1973, ABBÜHL 1976, JANSON 1977, ÜLGEN 1981). Die Vergrößerungen sind jedoch bei diesen unbehandelten Kontrollgruppen meist geringer: DEMISCH 1973: $+0,12^\circ$, ABBÜHL 1976: $+0,72^\circ$, JANSON 1977: vorpubertär $+0,19^\circ$, pubertär $+0,31^\circ$, ÜLGEN 1981: $+0,60^\circ$. Mit Vorbehalt läßt sich so eine Wirkung des Kombinationsgerätes im Sinne einer Wachstumsadaptation für die Mandibula nach anterior und sagittal diskutieren, wobei jedoch

berücksichtigt werden muß, daß es sich hier um für die Behandlung selektierte Patienten handelt mit gutem sagittalen Wachstumspotential (s. S. 64).

PFEIFFER und GROBETY beobachten bei ihrer Untersuchung eine geringe Zunahme des Prognathiegrades der Mandibula ($\bar{x} = +0,4^\circ$), die in der Größenordnung etwa den Werten unbehandelter Gruppen gleichkommt. Eine Erklärung dafür könnte in der Zunahme des ML-NSL-Winkels gesucht werden (s. S. 54).

Variable ANB:

In der Gesamtbetrachtung fällt sowohl in der vorpubertären als in der pubertären Gruppe eine hochsignifikante Reduzierung des ANB-Winkels auf. Die Winkelverkleinerung beträgt im Mittel in der vorpubertären Gruppe $-1,65^\circ$ und in der pubertären Gruppe $-1,34^\circ$. Verantwortlich für diese Verkleinerung dürfte für die letztgenannte Gruppe die SNB-Zunahme sein, in der Vorpubertät dominiert die Verkleinerung im Bereich SNA. Die Literatur gibt auch für das unbeeinflusste Wachstum übereinstimmend eine Tendenz zur Reduktion der interbasalen sagittalen Relation an, insbesondere während der pubertären Wachstumszeit (BJÖRK 1947, VAN DER LINDEN 1959, ØDEGAARD 1970, DEMISCH 1973, ABBÜHL 1976, JANSON 1977, ÜLGEM 1981). Das Ausmaß dieser Veränderungen (z.B. DEMISCH 1973: $-0,25^\circ$, ABBÜHL 1976: $-0,30^\circ$, JANSON 1977: vorpubertär $-0,54^\circ$, pubertär $-0,69^\circ$) liegt aber deutlich unter den oben angeführten Werten. Somit läßt sich die These nicht ganz von der Hand weisen, daß die sagittal-basale Diskrepanz durch die Wirkung des Kombinationsgerätes mehr harmonisiert werden kann.

PFEIFFER und GROBETY 1972 stellen in ihrer Untersuchung eine ANB-Reduzierung von $-2,6^\circ$ heraus, die allerdings dort hauptsächlich auf der schon erwähnten starken SNA-Verkleinerung beruht.

Variable SNPg:

Bezüglich der sagittalen Position des Pg-Punktes können ähnliche Beobachtungen wie bei der Variable SNB gemacht werden; so ist in beiden Gruppen eine Zunahme des SNPg-Winkels zu verzeichnen, wobei die Veränderungen in der pubertären Gruppe mit Signifikanz belegt werden kann ($p \leq 0,01$).

Variable ML-NSL:

Die Untersuchungsergebnisse zeigen für den Mandibularebenenwinkel eine Tendenz zur Verringerung, was klinisch als eine Veränderung im Sinne einer anterioren Rotation zu interpretieren ist. Der Mittelwert der Verkleinerung beträgt in der Vorpubertät $-0,82^\circ$ (mit schwacher Signifikanz $p \leq 0,05$) und in der Pubertät $-0,37^\circ$. Die Angaben in der Literatur über die Neigung der Mandibula zur anterioren Schädelbasis von unbehandelten Vergleichsgruppen schwanken zwischen geringfügiger Zunahme (JANSON 1977) und geringer Abnahme (VAN DER LINDEN 1959, ØDEGAARD 1970, ABBÜHL 1976). Zur Klärung der oben erwähnten Ergebnisse muß an dieser Stelle wieder auf die Auswahl des Probandengutes hingewiesen werden: Für die Kombinationsbehandlung wurden in erster Linie Patienten mit orthognatem Gesichtstyp und mit einer leicht horizontalen Translation und anteriorer Rotation der Mandibula berücksichtigt. Die extrudierende Komponente des extraoralen Gerätes wurde durch bestimmte Konstruktion des zervikalen Headgears (Angulation der Außenarme nach kranial und Verwendung keiner großen Zugkraft) eventuell gut abgefangen. Die günstige Wachstumstendenz nach anterior kann auch zu einer Kompensation der Extrusionskomponente beigetragen haben, sodaß die ursprüngliche Rotationstendenz zum Tragen kam, die eventuell sogar abgeschwächt wurde. Dieser Befund läßt sich vergleichen mit den Ergebnissen von ABBÜHL 1976 und ÜLGEM 1981, die in ihren Untersuchungen ebenfalls eine anteriore Rotation der Mandibula feststellten.

PFEIFFER und GROBETY 1972 geben für den ML-NSL-Winkel eine signifikante Zunahme um durchschnittlich $1,28^\circ$ an, für die sowohl die ausgeprägte Verankerung sagittal und die auch größere Extrusionskomponente verantwortlich sein dürfte, neben der Patientenselektion. Auf die Öffnung des Mandibularebenenwinkels durch Headgearbehandlung wies bereits MEACH 1966 hin; in seiner Aktivatorgruppe war diese Öffnung nicht nachweisbar.

Variable NL-NSL:

Die Veränderung des Oberkieferbasiswinkels ist charakterisiert durch eine ganz geringfügige Zunahme in beiden Gruppen, davon in der pubertären Gruppe mit schwacher Signifikanz. Das unbeeinflusste Wachstum zeigt nach einigen Autoren eine Tendenz zur Verringerung der Neigung der Maxilla zur Schädelbasis (ÖDEGAARD 1970, JANSON 1977, ÜLGEN 1981), bei anderen wird aber auch eine geringe Zunahme festgestellt (VAN DER LINDEN 1959, ABBÜHL 1976).

Insgesamt läßt sich aber davon ausgehen, daß die in der Literatur häufig festgestellte deutliche posteriore Rotation der Palatinalene bei der vorliegenden Untersuchung nicht eingetreten ist. PFEIFFER und GROBETY beobachten in ihrer Untersuchung z.B. eine hochsignifikante Zunahme des NL-NSL-Winkels um 2° .

Variable ML-NL:

Für den ML-NL-Winkel als Ausdruck der vertikalen interbasalen Relation fällt allgemein eine Verkleinerung auf, die sich vorpubertär und pubertär als signifikant erweist. Diese Tendenz stimmt mit dem in der Literatur für das unbeeinflusste Wachstum angegebenen Trend überein, sodaß eine negative Wirkung des Kombinationsgerätes hier nicht ersichtlich ist (vgl. ABBÜHL 1976, JANSON 1977) und auf die erwähnte Patientenselektion mit der guten anterioren Wachstumserwartung wie-

der Bezug genommen werden muß. In Anbetracht der allgemein bekannten Reaktion von Gerätearten wie Aktivator und Headgear (jeweils allein oder kombiniert eingesetzt) im Sinne einer Öffnung von ML-NL zeigt die hier verwendete Gerätekombination demnach eine dazu unterschiedliche Reaktion.

Variable NSBa:

Im allgemeinen zeigt der Schädelbasiswinkel wenig Tendenz zur Veränderung. Vorpupertär ist eine geringfügige Zunahme zu beobachten, in der Pubertät hingegen eine geringe Abnahme. JANSON 1977 stellte ebenfalls in einer vorpupertären Vergleichsgruppe eine unwesentliche Zunahme und in einer pubertären Vergleichsgruppe eine Abnahme des Schädelbasiswinkels fest.

Variable N-Winkel:

Der Norderval-Winkel als Ausdruck der Kinnprominenz nimmt in beiden Gruppen deutlich ab, davon in der pubertären Gruppe mit schwacher Signifikanz. Dieser Befund stimmt mit dem Trend des unbeeinflussten Wachstums überein (HASUND 1974, JANSON 1977) und steht wieder im Zusammenhang mit der Patientenauswahl. Bei der Diskussion gehört dieser Winkel auch zu der Aussage über SNPg.

Variable H-Winkel:

Dem Holdaway-Winkel steht durch seine ausgeprägte und hochsignifikante Veränderung ($p \leq 0,01$) sowohl in der vorpupertären als auch in der pubertären Gruppe besondere Beachtung zu. Im Mittel beträgt die Winkelverkleinerung vorpupertär $-2,88^\circ$ und pubertär $-2,64^\circ$. Beobachtungen an unbehandelten Probanden zeigen nach WISTH 1971 und JANSON 1977 für den Holdaway-Winkel ebenfalls einen Trend zur Verringerung, insbesondere in der Pubertät. Bei JANSON 1977 betrug die Winkelverkleinerung durchschnittlich jedoch nur $-0,4^\circ$ vorpupertär und $-1,11^\circ$

pubertär. Die erheblich stärkere Winkelreduzierung in der vorliegenden Untersuchung läßt darauf schließen, daß eine Beeinflussung des Gesichtsprofils im Sinne einer Begradigung auch durch die Kombinationsbehandlung erfolgt sein kann. Maßgeblichen Anteil an der Verkleinerung des Weichteilprofilwinkels dürfte die Zunahme des Prognathiegrades der Mandibula haben.

PFEIFFER und GROBETY 1972 kommen in ihrer Studie zu ähnlichen Ergebnissen; bei ihnen beträgt die Winkelreduzierung durchschnittlich sogar $3,5^\circ$.

Auch die Aussage von MEACH 1966 ist hier zu erwähnen, der in seiner Aktivatorgruppe eine deutlichere Profilverbesserung erkennt als in seiner Headgeargruppe (S. 11). Bestätigt wird diese Aussage von JONAS 1984, die bei einem kephalometrischen Vergleich von Aktivator und Headgear-Fällen bei Patienten mit horizontalem Wachstumstrend der Mandibula für die Aktivatorgruppe günstigere Profilveränderungen feststellte.

Variable I-T-Winkel:

Für den Interinzisalwinkel fällt in beiden Gruppen eine Vergrößerung auf, die in der vorpubertären Gruppe mit $2,44^\circ$ ausgeprägter ist als pubertär ($1,32^\circ$). Demgegenüber nimmt nach übereinstimmender Aussage in der Literatur der Interinzisalwinkel im unbeeinflussten Wachstum ab, vorpubertär stärker als pubertär (HASUND 1974, ABBÜHL 1976, JANSON 1977). Folglich kann unterstellt werden, daß durch die Wirkung des Kombinationsgerätes eine in Relation zum natürlichen Wachstum gegenläufige Entwicklung eintritt; die Streuung der Werte in den Behandlungsgruppen ist jedoch zu groß, als daß für die Veränderung Signifikanz nachgewiesen werden könnte.

Auch PFEIFFER und GROBETY 1972 führen für den Interinzisalwinkel eine beträchtlich signifikante Vergrößerung auf.

Variable I-NA-Winkel:

Vorpubertär und pubertär kann eine unwesentliche Zunahme des Winkels im Sinne einer Protrusion beobachtet werden; unbehandelte Vergleichsgruppen zeigen allgemein eine Tendenz zu einer Vergrößerung des Winkels, vor allem vorpubertär (JANSON 1977).

Die bei alleiniger Anwendung eines Aktivators oder Bionators häufig beobachtete Retrusion der Oberkieferfront dürfte demnach hier nicht eingetreten sein. Die Wirkung des Bionators auf die Oberkieferfrontzähne ist wohl geringer als beim Aktivator, der wesentlich mehr auf dem oberen Frontzahnbereich abgestützt ist. Die geringfügige SNA-Reduzierung in der vorliegenden Studie soll hier ebenfalls erwähnt werden.

Variable T-NB-Winkel:

In der Grundtendenz läßt sich eine Reduzierung des Winkels, vorpubertär wieder ausgeprägter als pubertär, erkennen, ohne daß die Veränderung Signifikanz zeigt. Die Winkelverkleinerung deutet aber auf einen Headgeareffekt hin: So zeigen Untersuchungen an unbehandelten Probanden eine Zunahme des Winkels (ABBÜHL 1976, JANSON 1977, ÜLGEM 1981), während Nachuntersuchungen von Headgearbehandlungen einheitlich eine Retrusion der Unterkieferfrontzähne, d.h. eine Abnahme des Winkels feststellen (ABBÜHL 1976, ÜLGEM 1981). Erklärt wird diese Veränderung dadurch, daß die nach distal-sagittal gerichtete Kraft des Headgears auf die Oberkieferzahnreihe über okklusale Beziehungen auf die Unterkieferfrontzahnreihe übertragen wird (ELDER 1971, ARMSTRONG 1971).

Auch ein Bionatoreffekt durch den Acrylüberwurf und die zusätzlich bessere Aktivierung des Gerätes durch den Headgear sollte überdacht werden.

Variable I-NA mm:

Der Sagittalabstand des oberen mittleren Inzisivus von NA weist eine leichte Tendenz zur Vergrößerung auf. Dies entspricht der Vergrößerung des Winkels I-NA und charakterisiert so die leichte Protrusion der Oberkieferfrontzähne.

Variable T-NB mm:

Hier ist in beiden Gruppen eine unwesentliche Zunahme der Distanz zu verzeichnen, d.h. eine deutliche Protrusion der Unterkieferfront wie bei unbehandelten Vergleichsgruppen ist nicht erkennbar (ABBÜHL 1976, JANSON 1977). Grundsätzlich wäre das Verhalten ähnlich zu beurteilen wie T-NB in Grad. Diese vorliegende Protrusionstendenz stimmt mit dem aufgestellten Behandlungsplan nicht überein. Das Ausmaß der Protrusion ist jedoch sehr gering.

Variable Quotient:

In der vorpubertären Gruppe nimmt der Quotient zu, während in der pubertären Gruppe eine Abnahme des Quotienten zu beobachten ist. Bei der pubertären Gruppe ist dies auf die relativ stärkere Vergrößerung der unteren Gesichtshöhe durch den Wachstumsschub zurückzuführen.

1.2 OPT-Variable:

Lagebeziehung 1./2. Molar Oberkiefer (Abb. 24)

Beide Gruppen zeigen keine wesentliche Änderung des Lageverhältnisses der beiden Molaren zueinander. In der vorpubertären Gruppe nimmt die Zahl der engen Beziehungen geringfügig zu, in der pubertären Gruppe reduziert sich die Zahl der weiten Beziehung etwas.

WORMS 1973 beobachtete bei noch nicht durchgebrochenen 2. Molaren als Reaktion auf die Behandlung mit Headgear eine Wande-

rung des Zahnkeimes nach distal, die vom Ausmaß her der des 1. Molaren entsprach. Waren die 2. Molaren jedoch eruptiert, so erhöhte sich der Widerstand der beiden Molaren gegen eine Distalisierung.

Lagebeziehung 2./3. Molar Oberkiefer (Abb. 24)

Da in der vorpubertären Gruppe der Keim des 3. Molaren häufig noch nicht zu erkennen war, konnte nur die pubertäre Gruppe ausgewertet werden. Hier ist eine gewisse Zunahme der engen Lagebeziehung feststellbar, demzufolge eine leichte Abnahme der weiten Beziehungen. Auch hier kann die distale Kraftkomponente des Headgears als Erklärung herangezogen werden; relativiert wird diese Aussage aber dadurch, daß die Zahl der Fälle in denen keine Angabe möglich war, zu Behandlungsbeginn und -ende differiert.

Fächerform Oberkiefer (Abb. 24)

In der vorpubertären und auch in der pubertären Gruppe ist eine leichte Tendenz zur Normalisierung, d.h. zur Verringerung der Zahl der Fächerformen erkennbar. Dies könnte durch den Platzgewinn innerhalb des Zahnbogens erklärt werden: einmal durch die Distalisierung der Molaren, zum anderen durch die geringfügige Protrusion der Front. Weiter steht dafür auch die allgemeine Kenntnis über die Veränderung der Zahnreihen während der Wechselgebißperiode zur Diskussion an.

Zahnalter:

Lediglich in der vorpubertären Gruppe ist eine etwas größere Zahl von Spätzählern zu beobachten; ansonsten weichen die Prozentzahlen der einzelnen Typen nicht wesentlich von den durchschnittlichen Allgemeinwerten ab.

1.3 Die Variablen der Modellanalyse

1.3.1 Intramaxillär

Die Stützzonen im Oberkiefer

Allgemein ist bei beiden Gruppen eine leichte Zunahme der Stützzonenlänge zu verzeichnen (ca. 0,5 mm), womit der vor Behandlungsbeginn bestehende Platzüberschuß im Wechselgebiß (Differenz Ist-Soll-Wert) noch etwas vergrößert wird. STÖCKLI 1976 gibt als durchschnittliche Platzreserve (leeway-space) für die bleibende Dentition bei Jungen 1,3 mm und bei Mädchen 1,5 mm an. Beim Austausch der Stützzonen (Milchmolaren gegen Prämolaren, Milcheckzähne gegen bleibende Eckzähne) kommt es also - unter der Voraussetzung einer günstigen Reihenfolge des Zahnwechsels - bei unbehandelten Kindern zu einer Verringerung der Stützzonenlänge um 1,3 - 1,5 mm. Da in der vorliegenden Untersuchung nur Fälle mit moderaten Platzproblemen einbezogen wurden (Nicht-Extraktionsfälle), läßt sich annehmen, daß durch den Einfluß des Kombinationsgerätes vor allem in der vorpubertären Gruppe (mit dem mittleren Alter von 10,4 Jahren zu Behandlungsbeginn) eine Mesialwanderung der Sechsjahrmolaren verhindert bzw. eine Distalisierung bewirkt wurde.

Vergleichbare Werte von Untersuchungen anderer Autoren liegen diesbezüglich nicht vor.

Lediglich auf die Aussage von MEACH 1966 sei Bezug genommen, der in seiner Aktivatorgruppe die Veränderungen der Molaren nach vorne-unten beschreibt und der Headgeargruppe nach hinten-unten.

Oberes Zahnbogenlot L_0

Vorpubertär wie pubertär ist eine leichte Vergrößerung der vorderen Zahnbogenlänge festzustellen. Im unbeeinflussten Gebiß dagegen nimmt die Zahnbogenlänge nach Untersuchungen von MOOREES 1959 etwa vom 10. Lebensjahr an ab, so daß auch hier eine Wirkung des Headgears im Sinne einer "Platzbeschaffung

nach distal" wahrscheinlich sein könnte. Die seitlichen Referenzpunkte müßten demnach nach distal verlagert worden sein, oder es liegt an der leichten Protrusion der Oberkieferfront ($I-NA^\circ$ und mm), die den anterioren Referenzpunkt nach vorne verlagert.

SCHWARZE 1979 empfiehlt bei der Kombinationsbehandlung mit Aktivator und zervikalem Headgear ein entsprechendes Einschleifen des Aktivators im Bereich der Prämolaren, damit sich diese "im Schatten der Molaren nach distal bewegen können". Diese Durchbruchshilfe nach hinten (sowie "unten außen") wurde auch beim Bionator während des Seitenzahnwechsels eingebracht.

PFEIFFER und GROBETY 1972 kommen in ihrer Untersuchung (Kombinationsbehandlung Aktivator und zervikaler Headgear) zu ähnlichen Ergebnissen wie in der vorliegenden Arbeit (ca. 0,9 mm Zunahme).

Distanz 3 + 3 Oberkiefer:

Die signifikante Vergrößerung des Eckzahnabstandes um ca. 2,5 mm in der vorpubertären Gruppe ist die markanteste Veränderung bei der Modellanalyse. Pubertär nimmt die Eckzahndistanz nur relativ geringfügig um 0,8 mm zu.

MOOREES 1959 beobachtete bei unbehandelten Probanden für den Altersbereich von 10 - 12 Jahren eine Zunahme der intercaninen Distanz um ca. 1 mm (Jungen) und 1,5 mm (Mädchen). Ab dem 12. Lebensjahr bleibt der Abstand bei Mädchen unverändert, während er bei Jungen noch bis zum 16. Lebensjahr sich weiter vergrößert. Legt man bei den Probanden der beiden Behandlungsgruppen ein ähnliches Wachstumsverhalten zu Grunde, so ist für die vorpubertäre Gruppe eine Verbreiterung des anterioren Zahnbogens durch den Bionatoreinfluß anzunehmen; allerdings ist einschränkend anzumerken, daß der Befund nur auf 6 Messungen beruht (bei 2 Fällen war eine Messung nicht möglich, weil weder die bleibenden Canini noch die Milcheckzähne vorhanden waren).

Für die vorpubertäre Gruppe können damit die Ergebnisse von PFEIFFER und GROBETZ 1972 bestätigt werden, die für die Eckzahndistanz ebenfalls eine Zunahme von 2,5 mm ausweisen.

Distanz 6 + 6 Oberkiefer:

Hier kann vorpubertär und pubertär eine geringfügige Vergrößerung der intermolaren Weite registriert werden (0,5 mm). Die Statistik gibt für unbehandelte Probanden (MOOREES 1959) bis zum 11. Lebensjahr eine unwesentliche Zunahme an; bei Jungen zwischen dem 13. und 15. und bei Mädchen zwischen dem 11. und 13. Lebensjahr nimmt der intermolare Abstand dann um ca. 1 - 1 1/2 mm zu. Die geringe Veränderung dieser Variable ist damit zu erklären, daß die Distalisierung der Oberkiefer-Sechsjahrmolaren sehr moderat erfolgte (angewandte extraorale Kräfte ca. 400 g) und Kreuzbißfälle im Molarenbereich beim Anfangs- bzw. Endbefund praktisch nicht vorkommen. Gleichzeitig sollte die klinisch bekannte Tendenz der Vergrößerung des Intermolarenabstandes durch Headgeartragen mit überdacht werden.

Demgegenüber stellen PFEIFFER und GROBETZ 1972 eine Dehnung im Molarenbereich um 1,5 mm fest, was nach ihrer Meinung im Zusammenhang mit der starken Distalisierung der Verankerungsmolaren und der im Verlauf der Behandlung notwendigen Weiterstellung der Innenbogenenden zu sehen ist. Der von PFEIFFER und GROBETZ verwendete Aktivator besitzt außerdem eine Dehnschraube.

1.3.2 Intramandibulär

Die Stützzonen im Unterkiefer:

Im Gegensatz zum Oberkiefer weisen die Unterkiefer-Stützzonen eine signifikante Tendenz zur Verringerung auf (vorpubertär linke Stützzone nicht signifikant verändert), wobei das Ausmaß der Veränderung vorpubertär etwas größer ist als pubertär. Diese Entwicklung ist in Einklang zu bringen mit derjenigen

von unbehandelten Probanden, für die STÖCKLI nach Abschluß des Zahnwechsels eine Verringerung der Stützzone um 2,3 - 2,6 mm angibt. Die Verringerung der Stützzone ergibt sich dabei hauptsächlich durch Mesialwanderung der Sechsjahrmolaren infolge der Platzreserve der Milch-~~Ver~~ von ca. 2 1/2 mm. Auch hier sind vergleichbare Werte ähnlicher Untersuchungen nicht vorhanden.

Distanz 3 - 3 Unterkiefer:

Ähnlich wie bei den Stützzone ist für die intercanine Distanz im Unterkiefer eine zum Oberkiefer gegenläufige Veränderung zu beobachten: Beide Gruppen zeigen eine geringfügige Abnahme des Eckzahnabstandes, diesmal pubertär etwas größer als vorpubertär.

MOOREES 1959 findet bei unbehandelten Probanden ab dem 10. Lebensjahr (etwa ein Jahr vor dem Eckzahndurchbruch) ein Gleichbleiben bzw. eine leichte Verringerung der Eckzahndistanz, die dann in einen konstanten Wert übergeht. Klinisch ist diese Variable bedeutsam, weil sie nach HOTZ/STÖCKLI ab dem 10. Lebensjahr "therapeutisch nicht mehr verändert werden darf" (STÖCKLI).

Nach BERSET 1972 führen Versuche zur Unterkieferdehnung nach dem Durchbruch der Eckzähne fast ausschließlich zum Rezidiv.

PFEIFFER und GROBETY 1972 finden bei ihrer Untersuchung eine leichte Zunahme, die allerdings auf das Wachstum der zu Behandlungsbeginn durchschnittlich 8 1/2-jährigen Patienten zurückzuführen ist und den Angaben MOOREES 1959 entsprechen.

Distanz 6 - 6 Unterkiefer:

Der Transversalabstand der Molaren im Unterkiefer zeigt ebenfalls wie die Eckzahnbreite eine schwache Tendenz zur Abnahme in der vorpubertären und in der pubertären Gruppe; unbeeinflusste Probanden weisen für die entsprechenden Zeiträume ähnliche Veränderungen auf (MOOREES 1959).

1.3.3 Intermaxillär

Boltonanalyse:

Bei der Boltonanalyse (erstellt bei jenen Patienten, deren bleibende Inzisivi und Eckzähne im Ober- und Unterkiefer voll durchgebrochen waren), ergab sich für die vorpubertäre und pubertäre Gruppe, daß kein ausgeprägtes Mißverhältnis zwischen den Größen der Ober- und Unterkieferzähne besteht (siehe Tabellen 8, 9).

Sagittaler Überbiß:

Bei der vorpubertären Gruppe ist gegenüber der pubertären Gruppe eine deutlich größere Abnahme der sagittalen Stufe (overjet) festzustellen. Diese Beobachtung legt einen Vergleich nahe zu der Feststellung von JANSON 1977, daß bei Bionatorbehandlung die dentoalveolären Veränderungen in der Vorpubertät größer sind als in der Pubertät. Trotz Verringerung der Stufe um 1,6 mm (vorpubertär) und 0,6 mm pubertär besteht in beiden Gruppen noch ein Überbiß von jeweils 5,4 und 4,3 mm. Es sei an dieser Stelle daran erinnert, daß in den meisten Fällen die Kombinationsbehandlung zum 2. Beobachtungszeitpunkt noch nicht abgeschlossen war und vielfach anschließend auch noch zusätzliche Apparaturen zum Einsatz kamen.

Vertikaler Überbiß:

Die Reduzierung des vertikalen Überbisses ist in beiden Behandlungsgruppen gering, pubertär um 0,6 mm etwas größer als vorpubertär, hier 0,3 mm (pubertär schwache Signifikanz).

Nach HOTZ 1970 liegt bereits ein verstärkter Überbiß ab 3 - 4 mm, nach SCHMUTH 1973 sogar ab 2 - 3 mm vor.

Bei der Interpretation dieser Veränderung ist andererseits zu bedenken, daß der dentoalveoläre Tiefbiß zu Behandlungsbeginn mit ca. 4 mm jeweils nicht sehr ausgeprägt war. Weiter erfolgte eine sehr moderate Bißsperrung im Frontzahngebiet und nur

selektives Einschleifen im Seitenzahngebiet. Primär wurde nur der erste untere Molar vertikal freigeschliffen. Darüberhinaus sind die basalen Reaktionen zu beachten, vor allem der ML-NSL-Winkel und der ML-NL-Winkel.

1.3.4 Qualitative Variablen

Bei der Modellanalyse werden einige qualitative Variablen untersucht, deren Veränderungen aus den Säulendiagrammen (Abb. 58 - 68) ersichtlich sind. Unwesentliche Befunde ergaben sich für die Rotation der Oberkiefer-Sechsjahrmolaren (2 Fälle) und für die Variablen in Infraokklusion, Ektopie Eruption, Kreuz- und Kopfbiß sowie für Displacement und Inversion.

Zu erwähnen ist die Tendenz zur Normalisierung bei der Variable Tiefbiß mit Einbiß (Diagramm Seite 168 , Abb. 60); die Zahl der Fälle mit sagittaler Asymmetrie der Oberkiefer-Sechsjahrmolaren bleibt jedoch relativ konstant. Die Variable Okklusionsebenenneigung der Oberkiefer-Sechsjahrmolaren, die im Hinblick auf mögliche Kippeffekte durch den Headgear berücksichtigt wurde, weist vorpubertär eine leichte Verschiebung zu höheren Werten, pubertär dagegen eine Verschiebung zu kleineren Werten auf. Klinisch könnte dies dahingehend interpretiert werden, daß vorpubertär eine leichte Tendenz zur Ausbildung "hängender" palatinaler Höcker durch den Einfluß des Headgears besteht; es ist jedoch zu bedenken, daß die Messung dieser Variable (wegen der Dreidimensionalität) nicht so exakt ausgeführt werden kann wie beispielsweise die Bestimmung der Stützzonenlänge. Gravierende Veränderungen der Variable Okklusionsebenenneigung können jedenfalls ausgeschlossen werden.

Eine besondere Stellung bei den qualitativen Variablen nimmt die Klassifizierung der Okklusion nach ANGLE ein.

Zwar konnten bei der Molaren-Relation nicht alle Fälle in ein Klasse I-Verhältnis übergeführt werden, das Ansteigen der

Kl. I- und Klasse III-Fälle ist aus den Diagrammen Abb. 64-66 jedoch klar erkennbar. Nach PFEIFFER und GROBETZ 1976 ist die Überkorrektur des Molarenverhältnisses (Umwandlung von Klasse II zu Klasse III) im Hinblick auf die Verankerungsreserven im posterioren Seitenzahngebiet durchaus positiv zu beurteilen. An dieser Stelle ist nochmals darauf hinzuweisen, daß die Behandlung in den meisten Fällen zum zweiten Beobachtungszeitpunkt noch nicht beendet ist und die verbliebenen Klasse II-Relationen weiter korrigiert wurden. Im Anschluß an die Kombinationsbehandlung erfolgt dann vielfach eine Behandlung mit Multibandapparatur zur Feinkorrektur von Zahnstellungsanomalien. Die Harmonisierungstendenz im Molarenbereich dürfte einmal mit dem Einfluß des Headgears und andererseits mit dem des Bionators (Oberkiefermolaren nach distal und Unterkiefermolaren nach mesial) zu erklären sein.

Interessant erscheint noch, daß die Zahl der starken Distalisierungen (um ein PB) relativ gesehen in der vorpubertären Gruppe deutlich größer war, womit die klinischen Erfahrungen diesbezüglich bestätigt werden können (vergl. HASUND 1969) (Abb. 68).

Bei der Eckzahnrelation kann für die vorpubertäre Gruppe auf Grund des fehlenden Anfangsbefundes (8 Fälle ohne Angabe) keine Aussage gemacht werden.

Für die pubertäre Gruppe ist eine Zunahme der Klasse I-Fälle festzustellen, weshalb die Zahl der verbleibenden Klasse II-Relationen gegenüber der Molarenrelation etwas höher ist, was durch die schwächere Einwirkungsmöglichkeit des Kombinationsgerätes in diesem Bereich verständlich ist (Abb. 62, 63 und 64).

Ein Vergleich mit Ergebnissen anderer Autoren konnte hier nicht erfolgen.

2. Allgemeine Diskussion

In der allgemeinen Diskussion sollen die Veränderungen der einzelnen Variablen von FRS, OPT und Modell differenziert nach skelettalem und dentoalveolären Bereich entsprechend der klinischen Aussage diskutiert werden. Die Werte der eingetretenen Veränderungen sind der Tab. 4/5 zu entnehmen. (Siehe auch Abb. 73, Patientenbeispiel, pubertäre Gruppe).

2.1 Skelettaler Bereich (FRS):

Die statistische Analyse zeigt für den Anfangsbefund (= 1. Beobachtungszeitpunkt) keine signifikanten Differenzen zwischen vorpubertärer und pubertärer Gruppe; die Werte des 2. Beobachtungszeitpunktes (d.h. nach Kombinationsbehandlung) können demnach einander gegenübergestellt werden.

Allgemein betrachtet fällt auf, daß die Veränderungen in der vorpubertären und pubertären Gruppe mit Ausnahme (der) des ANB-Winkels und des H-Winkels relativ klein sind. Nach HASUND 1969 kommt bei der Behandlung von skelettalen Klasse II-Malokklusionen der Reduzierung des ANB-Winkels eine vorrangige Bedeutung zu. Die sagittale interbasale Relation (ANB-Winkel) zeigt in beiden Gruppen eine hochsignifikante Verringerung der Diskrepanz: vorpubertär nimmt der ANB-Winkel von $5,31^\circ$ auf $3,66^\circ$ ab (Differenz $-1,65^\circ$), pubertär von $5,14^\circ$ auf $3,80^\circ$ (Differenz $-1,34^\circ$). Bei Betrachtung der Veränderungen der sagittalen Position von Maxilla und Mandibula ist zu erkennen, daß die Verkleinerung des ANB-Winkels in der vorpubertären Gruppe mehr durch eine Reduzierung des Prognathiegrades der Maxilla (2%-Signifikanz), in der pubertären Gruppe dagegen hauptsächlich durch eine Zunahme des Prognathiegrades der Mandibula (1%-Signifikanz) zustandekommt, die mit dem stärkeren Wachstum dieser Gruppe erklärt werden kann.

PFEIFFER und GROBETY 1972 erzielen mit ihrer Kombinationsbehandlung (Aktivator und zervikaler Headgear) eine Reduzierung des ANB-Winkels um $-2,75^\circ$, die überwiegend durch die SNA-

Verkleinerung bedingt ist. Die unterschiedliche SNA-Verkleinerung der vorliegenden Untersuchung (vorpubertär $-0,86^\circ$) und der Untersuchung von PFEIFFER und GROBETZ ($-2,2^\circ$) könnte auf der besseren Verankerung des von PFEIFFER und GROBETZ verwendeten Aktivators beruhen.

BASS 1982 setzt zur Verbesserung der sagittalen interbasalen Relation die Kombination einer speziellen herausnehmbaren Apparatur mit einem anterioren High-Pull-Headgear ein; die ANB-Winkelreduzierung erfolgt überwiegend durch die Zunahme von SNB.

Die in der Literatur beschriebene Tendenz zur Abnahme des Prognathiegrades der Maxilla bei Behandlung mit zervikalem Headgear wird aufgrund der vorliegenden Ergebnisse bestätigt (ein skelettaler Einfluß des Bionators auf die Maxilla im Sinne einer Distalisierung ist nach JANSON 1977 nicht nachzuweisen). Die SNA-Reduzierung beträgt nach 0,8 - 1,8jähriger zervikaler Headgear-Behandlung bei FRISLID/RAKOSI 1977 $-0,8^\circ$ (1,25 Jahre Behandlung), bei MELSEN/ENEMARK 1969 je nach Angulierung der Außenarme $-0,8^\circ$ und $-1,6^\circ$ (8 Monate Behandlung), bei ABBÜHL 1976 und ÜLGEN 1981 jeweils $-1,8^\circ$ (1,8 Jahre Behandlung) sowie bei JONAS 1984 $-1,2^\circ$ (1,8 Jahre Behandlung).

Bezüglich der vertikalen Relation der Kieferbasen kann festgestellt werden, daß die anfänglich ausgewogene Relation nicht wesentlich verändert wurde. Beide Gruppen weisen eine geringfügige posteriore Rotation der Maxilla (pubertär schwach signifikant) und eine leichte anteriore Rotation der Mandibula auf (vorpubertär und pubertär schwach signifikant). Die in Zusammenhang mit einer zervikalen Headgear-Behandlung häufig beobachtete Öffnung des Mandibularebenenwinkels (RICKETTS 1960, CREEKMORE 1967, MELSEN 1977) die bei skelettaler Klasse II wegen der ungünstigen Auswirkung auf die anterior-posteriore Position des Pogonions meist unerwünscht ist (MERRIFIELD/CROSS 1970), konnte durch technische Konstruktion der Geräte

Bionator und Headgear und durch die Auswahl der Probanden (günstige Wachstumstendenz) offenbar vermieden werden. Zu ähnlichen Ergebnissen gelangen hierbei ABBÜHL 1976 und ÜLGÉN 1981 (Behandlung nur mit zervikalem Headgear).

Zahlreiche Autoren registrieren bei zervikaler Headgear-Behandlung auch eine Kippung der Gaumenebene nach dorsal-kaudal (KLEIN 1957, RICKETTS 1960, WIESLANDER 1963, JAKOBSSON 1967, MELSEN 1977). Diese Tendenz ist in der vorliegenden Untersuchung nur sehr schwach ausgeprägt. PFEIFFER und GROBETÝ 1972 stellen dagegen eine signifikante posteriore Rotation der Maxilla um 2° sowie eine signifikante Öffnung des Mandibular-ebenenwinkels um $1,28^\circ$ fest.

Besonders hervorzuheben ist, daß in beiden Gruppen eine markante Profilverbesserung erreicht werden konnte. Vorphertär nahm der Holdaway-Winkel um $-2,88^\circ$, phertär um $-2,64^\circ$ ab (2%- und 1%-Signifikanz). Dieses Ergebnis ist in Abhängigkeit zu sehen mit der SNB-Winkel-Zunahme in beiden Gruppen, aber auch mit der Tendenz zur sagittalen Reduzierung der Maxillaposition.

Die Holdaway-Winkelverkleinerung läßt sich vom Ausmaß her gut mit dem von PFEIFFER und GROBETÝ gefundenen Wert vergleichen. In dieser Untersuchung beträgt die Winkelabnahme $-3,5^\circ$.

Zu erwähnen ist hier auch die Beobachtung von JONAS 1984, daß Patienten mit horizontalem Wachstumstrend nach Aktivatorbehandlung günstigere Profilverbesserungen aufweisen als nach zervikaler Headgear-Behandlung.

2.2 Dentoalveolärer Bereich

Für die allgemeine Diskussion des dentoalveolären Bereichs stehen ein Teil der FRS-Variablen, die OPT- und Modell-Variablen zur Verfügung. Der statistische Vergleich der Anfangswerte der beiden Gruppen zeigt, daß mit Ausnahme der Variable

des sagittalen Überbisses (Modell), bei der sich ein sehr schwach signifikanter Unterschied ergab, zu Beginn der Untersuchung von gleichen Bedingungen bei beiden Gruppen ausgegangen werden kann.

Fernröntgenseitenbild:

Hier sind allgemein nur nichtsignifikante und abgesehen vom Interinzisal-Winkel nur geringe Veränderungen zu beobachten. Der obere Inzisivus zeigt in der vorpubertären und in der pubertären Gruppe eine geringfügige Änderung der Achsenneigung im Sinne einer Protrusion, der Unterkieferinzisivus läßt vorpubertär eine leichte Retrusion erkennen. Die letztgenannte Aussage stimmt in der Tendenz mit den Ergebnissen von PFEIFFER und GROBETY 1972, ABBÜHL 1976 und ÜLGEN 1981 überein, sodaß eine Wirkung des Gerätes (besonders des Headgears) vermutet werden könnte.

Der Interinzisalwinkel nimmt zwar in beiden Gruppen zu (vorpubertär $2,44^\circ$), die große Streuung der Werte läßt jedoch keine statistisch belegbare Aussage zu.

PFEIFFER und GROBETY finden in ihrer Untersuchung eine starke hochsignifikante Vergrößerung des Interinzisalwinkels, die der besonders guten Verankerung des eingesetzten Aktivators zugeschrieben wird.

Orthopantomogramm (Tabelle 10), Abb. 55 - 57:

Am Orthopantomogramm kann das posteriore Seitenzahngebiet im Oberkiefer hinsichtlich möglicher Auswirkungen besonders des zervikalen Headgears beurteilt werden. Die Ergebnisse zeigen für die Lagebeziehung zwischen 1. und 2. oberen Molaren, daß sich nur geringfügige Änderungen ergeben haben. Für die vorpubertäre Gruppe, bei der die 2. Molaren meist noch nicht durchgebrochen waren, kann diese Aussage mit der Beobachtung in der Literatur (WORMS 1973) in Einklang gebracht werden, daß

nichteruptierte 2. Molaren bei distaler Krafteinwirkung auf den 1. Molaren gleichfalls mit dem 1. Molaren nach distal wandern.

Bei der Lagebeziehung zwischen 2. und 3. Molaren im Oberkiefer ist bei der pubertären Gruppe (die vorpubertäre Gruppe konnte nicht ausgewertet werden) eine Zunahme der engen Beziehungen zu beobachten.

Die bei der pubertären Gruppe bestehende Tendenz zur Normalisierung der Fächerform dürfte mit der durch Wachstum bedingten Ausformung des maxillären Zahnbogens in Zusammenhang stehen.

Modellvermessung:

Die Stützzonenlänge nimmt für beide Gruppen im Oberkiefer leicht zu, was als Wirkung des Behandlungsgerätes interpretiert werden kann; im Unterkiefer zeigt sich eine signifikante Tendenz zur Verringerung der Stützzonenlänge.

Das auffälligste Ergebnis der Modellanalyse ist die signifikante Vergrößerung des Oberkiefer-Eckzahnabstandes in der vorpubertären Gruppe um 2,45 mm (5%-Niveau), die dem Einfluß des Bionators zuzurechnen sein dürfte. Die natürliche Wachstumsveränderung liegt nach MOORREES 1959 bei ca. 1 mm (♂) bzw. 1,5 mm (♀) Zunahme der Distanz.

PFEIFFER und GROBETY 1972 finden bei ihrer Untersuchung ebenfalls eine Eckzahndistanzzunahme um 2,5 mm.

Für den Molarenabstand ist in beiden Gruppen keine bemerkenswerte Veränderung zu beobachten; der vertikale Überbiß verringert sich pubertär etwas stärker als vorpubertär. Die signifikante Reduzierung des sagittalen Überbisses um 1,66 mm in der vorpubertären Gruppe (5%-Niveau) dürfte vor allem durch die Verringerung der basalen sagittalen Diskrepanz (ANB-Winkel) bedingt sein.

Bei der qualitativen Variable sind von den Veränderungen zu erwähnen die Variable Tiefbiß mit Einbiß, die eine normalisierende Tendenz aufweist. Die sagittale Asymmetrie der Oberkiefer-Sechsjahrmolaren bleibt im wesentlichen bestehen, bei

der Okklusionsebenenneigung der Oberkiefer-Sechsjahrmolaren können stärkere Veränderungen im Sinne einer Kippung der Zähne nach palatinal oder bukkal ausgeschlossen werden. Besonderes Interesse kommt den Veränderungen der intermaxillären Okklusionsbeziehung im Molaren- und Eckzahnbereich zu (Angle-Klassifizierung). Für die Molarenrelation ist in beiden Gruppen eine deutliche Zunahme der Zahl der Klasse I- und Klasse III-Fälle sowie eine gleichzeitige Abnahme der Klasse II-Fälle festzustellen (Tab. 11/12, Abb. 66-68). Dieser Befund kann auf den Einfluß des Kombinationsgerätes zurückgeführt werden, da von der klinischen Erfahrung her bekannt ist, daß bei unbehandelten Probanden durch natürliches Wachstum allein keine spontane Korrektur einer Klasse II-Relation eintritt.

Die Überkorrektur des Molarenverhältnisses in einigen Fällen kann wegen der zusätzlichen Verankerungsverstärkung als günstig bezeichnet werden (PFEIFFER und GROBETZ 1976).

Der Vergleich der Zahl der stärkeren Distalisierung (um 1 Pb) in beiden Gruppen bestätigt die klinische Beobachtung, daß die Distalisierung der Oberkiefermolaren bei jungen Patienten mit noch nicht eruptierten 2. Molaren leichter zu bewerkstelligen ist (HASUND 1969, WORMS 1973). (Abb. 68, Tab. 12).

Von der Tendenz her ist bei der Eckzahnrelation ein ähnliches Verhalten zu beobachten wie bei der Molarenrelation, die Korrektur der Klasse II-Fälle erfolgt aber wegen der schwächeren Wirkung des Kombinationsgerätes im Eckzahnbereich nicht in dem Ausmaß wie bei der Molarenrelation. (Abb. 62, 63, 67)

VII. SCHLUSSFOLGERUNGEN

Aus der vorliegenden Studie (FRS und Modelle) an 31 kieferorthopädischen Patienten im Alter von 9 - 13 1/2 Jahren mit dem Befund einer Kl. II-Malokklusion (Nichtextraktionsfälle), die mit dem Kombinationsgerät Bionator nach BALTERS in der Modifikation nach ASCHER sowie zervikalem Headgear behandelt wurden, können - bezugnehmend auf die vorgelegte Fragestellung (S. 61) - nachstehende skelettale und dentoalveoläre Veränderungen mit Schlußfolgerungen abgeleitet werden:

1. Die vorgestellten Kombinationsgeräte benötigten 20,9 Monate (vorpupertäre Gruppe) bzw. 15,7 Monate (pubertäre Gruppe), um die vorliegende Distalokklusion in eine Neutralokklusion überzuführen. Diese Veränderung geht auf unterschiedliche Reaktion zurück:
 - a. Im skelettalen Bereich bringt die signifikante Verkleinerung der Winkel SNA, ANB und des H-Winkels sowie eine Vergrößerung des SNB-Winkels die Beseitigung der skelettalen Disharmonie (distale Basenrelation). Eine skelettale Harmonie entsteht.
Da die Mandibulawerte eine Tendenz zur leichten anterioren Rotation erkennen lassen (vorpupertär mit schwacher Signifikanz) kann der Gerätekombination zugestanden werden, daß der sonst klinisch und wissenschaftlich bekannte posteriore Rotationseffekt durch Headgear (s. S. 45/46) nivelliert wird. Zu beachten ist, daß die Neigung der Palatinalebene (NL-NSL-Winkel) sehr geringfügig zunimmt. Bezüglich der vertikalen interbasalen Relation ist in Übereinstimmung mit dem Trend des unbeeinflussten Wachstums in beiden Gruppen auch eine Verringerung des ML-NL-Winkels zu beobachten.
 - b. Im dentoalveolären Bereich kam es vor allem zu einer schwachen Kippung der Oberkieferfrontzähne nach anterior im Sinne einer Protrusion, die Unterkieferfront behielt

in etwa ihre Stellung bei. Damit wird jetzt die als unerwünschte Wirkung bei Bionatorbehandlung (S. 18 , bereits geringer als bei Aktivator-Behandlung, S. 11) bekannte Protrusion der Unterkieferfrontzähne durch die vorliegende Gerätekombination kompensiert. Weiter ist eine ausgeprägte "Distalisation" der Oberkieferseitenzähne zu verzeichnen, sowie die deutliche Veränderung der Kl. II-Okklusion in Kl. I-Okklusion insbesondere im Molarenbereich.

2. Bei der differenzierten Betrachtung der Befunde fällt auf, daß Unterschiede zwischen vorpubertärer (n = 8) und pubertärer Gruppe (n = 23) bestehen:

- a. Im skelettalen Bereich ist die Verkleinerung des SNA-Winkels in der vorpubertären Gruppe größer ($-0,86^\circ$, $p \leq 2\%$) als in der pubertären Gruppe ($-0,43^\circ$, $p \leq 5\%$). Die Vergrößerung des SNB-Winkels ist nur in der pubertären Gruppe mit $0,9^\circ$ signifikant auf dem 1% Niveau. Ebenso die Vergrößerung des SNPg-Winkels, hier um 1° . Eine ähnliche Aussage trifft für den N-Winkel und Pg zu NB in mm zu.

Der ANB-Winkel verkleinert sich in beiden Gruppen, in der vorpubertären Gruppe jedoch etwas mehr als in der pubertären Gruppe. In Einklang dazu steht die Veränderung des H-Winkels, der vorpubertär um $-2,88^\circ$, pubertär um $-2,64^\circ$ abnimmt, hier jetzt hochsignifikant ($p \leq 0,5\%$).

Interessant ist, daß der Mandibularebenenwinkel vorpubertär stärker verkleinert wird ($-0,81^\circ$) und signifikant als in der pubertären Gruppe ($-0,37^\circ$, nichtsignifikant).

- b. Im dentoalveolären Bereich ist die Vergrößerung des Interinzisalwinkels vorpubertär größer ($2,44^\circ$) als pubertär ($1,32^\circ$), jedoch nicht signifikant.

Die Messungen in Stützzonen zeigen vorpubertär mehr Platzüberschuß als pubertär, jedoch nicht signifikant.

Die Erweiterung der anterioren Zahnbogenbreite im Oberkiefer (4 + 4) ist größer vorpubertär (+1,72 mm) als pubertär (+0,69 mm).

Ebenfalls eine stärkere Veränderung vorpubertär ist für den sagittalen Überbiß zu finden. Hier ist die Reduktion um -1,66 mm gegenüber pubertär mit -0,63 mm nachzuweisen.

Aus dieser Aussage läßt sich ableiten, daß der Einsatz der alveolären Korrekturen zweckmäßig erscheint, vor allem wenn distale Basenrelationen vorliegen mit leicht prognathen Maxilla und leicht vertikalen Problemen für die Neigung der Mandibula (posteriore Tendenz).

Bei mehr retrognathen Mandibula steht der Einsatz der Geräte im pubertären Zeitraum zur Diskussion, wobei das vertikale Problem im Sinne einer Tendenz zur posterioren Neigung der Mandibula jetzt nicht ausgeprägt sein darf.

3. Die Gegenüberstellung der vorliegenden Veränderungen mit den vergleichbaren Daten über unbeeinflusstes Wachstum (Kontrollgruppe JANSON 1977) erlauben, den Einfluß der Kombinationsgeräte abzuleiten: Hier dominiert die sagittale Kontrolle in der Maxilla vorpubertär gegenüber der ausgeprägteren Wachstumsadaptation der Mandibula pubertär. Die geringere Reduzierung des SNA-Winkels im pubertären Zeitraum ist mit dem verstärkten Sagittalwachstum der Maxilla zu erklären.

Ein Vergleich der gefundenen Veränderungen mit den Veränderungen durch die Kombinationsgeräte Aktivator und Headgear (HASUND 1969, PFEIFFER und GROBET 1972, TEUSCHER 1978/79) lassen einen geringeren Einfluß des funktionskieferorthopädischen Gerätes Bionator im Gegensatz zum Aktivator auf eine sagittale Wachstums hemmung der Maxilla erkennen. Der Unterschied im Bezug auf die vertikale Relation, auch wenn die Werte hier nur eine Tendenz angeben, ist besonders interes-

sant: bei Aktivator und Headgear werden die vertikalen Winkelwerte vergrößert, in der vorliegenden Studie jedoch verkleinert. Darüberhinaus scheint erwähnenswert die unterschiedliche Reaktion der oberen Inzisivi, die bei Aktivator und Headgear meist Retrusion zeigten, jedoch, wenn auch nicht signifikant, hier mehr protrudiert wurden. Auch die nach der Literatur durch Aktivatorbehandlung bekannte Protrusion der unteren Front konnte bei Bionatorbehandlung im Zusammenhang mit Headgear nicht festgestellt werden.

Die dargestellte Wirkungsweise des Kombinationsgerätes führt demnach zu einer Erweiterung der Behandlungsmöglichkeiten in der kieferorthopädischen Praxis; der Analyse der Fernröntgenbilder kommt daher eine zentrale Bedeutung zu. Die danach getroffene Patientenselektion scheint von Bedeutung. (Abb. 10, S. 71 und Abb. 20, S. 80)

VIII. ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Untersuchung hatte die Aufgabe, die während der kieferorthopädischen Behandlung mit der Gerätekombination Bionator und Headgear eingetretenen Veränderungen im dento-alveolären und skelettalen Bereich röntgenologisch und durch Messung am Modell zu studieren und mit Literaturaussagen zu vergleichen.

Das Untersuchungsgut bestand aus 31 Patienten mit Kl. II-Malokklusion, im mittelorthognathen Gesichtstyp mit anteriorer Inklination der Kieferbasen, sowie distaler Basenrelation und negativer Lippentreppe im Alter von 8 - 13 Jahren. Anhand von Handröntgenaufnahmen wurde die Untersuchungsgruppe in eine vorpubertäre und pubertäre Gruppe differenziert. Alle Patienten erhielten die Kombinationsbehandlung mit dem Bionator nach BALTERS in der Modifikation nach ASCHER und zervikalem Headgear mit Ansatz an den oberen Sechsjahrmolaren. Die mittlere Behandlungsdauer betrug vorpubertär 20,9 und pubertär 15,7 Monate.

Die statistische Auswertung der am Fernröntgenseitenbild, Orthopantomogramm sowie am Modell vorgenommenen Messungen zeigt folgende Ergebnisse:

Besonders hervorzuheben ist eine hochsignifikante Verkleinerung der sagittalen interbasalen Relation (ANB-Winkel), die vorpubertär mehr auf der Hemmung des Anteriorwachstums der Maxilla und pubertär mehr auf einer Zunahme des Prognathiegrades der Mandibula zurückgeführt werden kann. Damit verbunden ist eine ausgeprägte Verkleinerung des Holdaway-Winkels, der zu einer deutlichen Veränderung des Profils im Sinne einer Begradigung führt.

Die vertikale Relation ergab in beiden Gruppen keine wesentlichen Veränderungen. Jedoch scheint die Tendenz zur Verkleinerung des Mandibularebenenwinkels in beiden Gruppen interessant, vorpubertär leicht ausgeprägter als pubertär.

Im dentoalveolären Bereich fallen keine signifikanten Veränderungen auf. Es erscheint jedoch bemerkenswert, daß in der Tendenz eine leichte Protrusion der Oberkieferfrontzähne nachweisbar war. Zu den dentoalveolären Veränderungen ist weiter zu erwähnen die starke hochsignifikante Verbreiterung der anterioren Zahnbogenbreite im Oberkiefer 3 + 3 sowie die Reduktion des sagittalen Überbisses in der vorpubertären Gruppe.

Der Einfluß des Behandlungsgerätes kam in einer guten "Normalisierungstendenz" der Molarenrelation der beiden Gruppen zum Ausdruck: Die Zahl der ausgeprägten "Distalisierungen" im Seitenzahngebiet des Oberkiefers um eine Prämolarenbreite und mehr war in der vorpubertären Gruppe dabei anteilmäßig höher als in der pubertären Gruppe. Dabei ist zu berücksichtigen, daß für die Neutraleinstellung der Molaren auch die Mesialwanderung der unteren ersten Molaren und die Veränderung der Lagebeziehung der Kieferbasen mitverantwortlich sind.

Die Gegenüberstellung der gefundenen Veränderung mit den Veränderungen durch unbeeinflusstes Wachstum einer vergleichbaren Gruppe (Kontrollgruppe JANSON 1977) zeigt, daß dem Kombinationsgerät Bionator und Headgear ein skelettaler wie dentoalveolärer Einfluß zugeschrieben werden kann, dabei dominiert vorpubertär die sagittale Wachstums hemmung maxillär, die Wachstumsadaptation der Mandibula pubertär. Die geringere Reduzierung maxillär im pubertären Zeitraum ist durch das verstärkte maxilläre Sagittalwachstum zu erklären.

Die dentoalveolären Veränderungen sind vorpubertär größer, insbesondere die Distalisierung der Oberkieferseitenzähne.

Eine Gegenüberstellung der vorliegenden Ergebnisse mit vergleichbaren Daten aus der Literatur zeigt Unterschiede, die insbesondere für die Sagittalposition der Maxilla und die vertikale Interbasalrelation auffallen.

IX. LITERATURÜBERSICHT

1. ABBÜHL, P.: Die Wirkung des zervikalen Headgears auf das Facialskelett. Eine klinische Studie.
Inf.Orthod.Kieferorthop. 4, 327-346 (1976)
2. ANDRESEN, V., K. HÄUPL, L. PETRIK. Funktionskieferorthopädie.
5. Aufl., Johann Ambrosius Barth Verlag,
München 1953, 6. Aufl. 1957
3. ANGLE, E.H.: Geraderichtung und Festhaltung unregelmäßig
gestellter Zähne.
S.S. White Dental Manufacturing, Berlin 1897
4. ARMSTRONG, M.M.: Controlling the magnitude, direction and
duration of extraoral force.
Amer.J.Orthodont. 59, 217-242 (1971)
5. ASCHER, F.: Hemmung und Enthemmung bei Anwendung moderner
Aktivatoren.
Fortschr.Kieferorthop. 25, 490-501 (1964)
6. ASCHER, F.: Praktische Kieferorthopädie.
Verlag Urban & Schwarzenberg, München/Berlin/
Wien 1968
7. ASCHER, F.: Der Bionator in der Funktionskieferorthopädie.
Inf.Orthod.Kieferorthop. 3, 215-246 (1984)
8. BADELL, M.C.: An evaluation of extraoral combined high-
pull and cervical traction to the maxilla.
Amer.J.Orthodont. 69, 4, 431-446 (1976)
9. BALTERS, W.: Die Technik und Übung der allgemeinen und
speziellen Bionatortherapie.
Die Quintessenz 1, 77 (1964)
10. BARTON, J.J.: High-pull Headgear versus cervical traction:
a cephalometric comparison.
Amer.J.Orthodont. 62, 517-529 (1972)
11. BASS, N.M.: Dentofaziale Orthopädie zur Korrektur der
Klasse II-Okklusionsanomalie.
Inf.Orthod.Kieferorthop. 2, 123-162 (1984)
12. BERSSET, A.: The stability of the Lower Dental Arch after
Orthodontic Treatment.
Trans.Europ.Orthod.Soc., 1972

13. BJÖRK, A.: The face in profile.
Svensk tandläk.-T. 40, 5B (1947)
14. BJÖRK, A.: The principle of the Andresen method of orthodontic treatment, a discussion based on cephalometric x-ray analysis of treated cases.
Amer.J.Orthodont. 37, 437 (1951)
15. BJÖRK, A., A. KREBS u. B. SOLOW: A method for epidemiological registration of malocclusion.
Acta odont.scand. 22-27 (1964)
16. BJÖRK, A., B. SOLOW: Measurements on Radiographs 1962.
I.dent.Res. 42, 400 (1962)
17. BJÖRK, A.: Prediction of mandibular growth rotation.
Amer.J.Orthodont. 55, 585-599 (1969)
18. BOLTON, W.A.: Disharmony in Tooth Size and its Relation to the Analysis and Treatment of Malocclusion.
Angle Orthodontist 28, 113-130 (1958)
19. BOLTON, D.E.J.: Theoretical Considerations of headgear therapy:
 1. A literature review.
Brit.J.Orthodont. 5, 145-152 (1978)
 2. Clinical response and usage.
Brit.J.Orthodont. 5, 173-181 (1978)
20. BRODIE, A.G., W.B. DOWNS, A. GOLDSTEIN, E. MYER: Cephalometric orthodontic results.
A Preliminary Report.
Angle Orthodont. 8, 266 (1938)
21. CASE, C.S.: Dental orthopaedia and treatment of cleft palate.
2nd ed. Chicago 1921
22. CHRISTIANSEN, R.L. and C.J. BURSTONE: Centers of rotation within the periodontal space.
Amer.J.Orthodont. 55, 353-369 (1969)
23. CREEKMORE, T.D.: Inhibition or stimulation of the vertical growth of facial complex, its significance to treatment.
Angle Orthodont. 37, 285-297 (1967)
24. DEMISCH, A.: Auswirkungen der Distalbißtherapie mit dem Aktivator auf das Gesichtsskelett.
Schweiz.Mschr.Zahnheilk. 83, 1032 (1973)
25. DIETRICH, U.C.: Aktivator-mandibuläre Reaktion.
Schweiz.Mschr.Zahnheilk. 83, 1093 (1973)

26. ELDER, J.R., R.H. TUENGE: Kephalemrische und histologische Veränderungen der Maxilla des Macaca mulatta, hervorgerufen durch den High-pull-Headgear. Inf.Orthodont.Kieferorthop. 8, 387-410 (1976)
27. FLAATEN, R.: Kephalemrische Bewertung der durch Headgear-Behandlung hervorgerufenen Veränderungen in der Schädelbasis und im oberen Gesicht. Inf.Orthodont.Kieferorthop. 2, 146-167 (1976)
28. FLEISCHER-PETERS, A.: Handskelettanalyse und ihre klinische Bedeutung. Fortschr.Kieferorthop. 37, 375. (1976)
29. FRÄNKEL, R., W. REISS: Zur Problematik der Unterkieferentwicklung bei Distalbißfällen. Fortschr.Kieferorthop. 31, 345 (1970)
30. FREISFELD, M.: Fehlerquellen an Einzeichnungsserien kephalemrischer Bezugspunkte. Fortschr.Kieferorthop. 34, 296 (1973)
31. FRISLID, G. und Th. RAKOSI: Analysen und Ergebnisse nach Headgearbehandlungen. Fortschr.Kieferorthop. 37, 2, 184-195 (1976)
32. GAT, H.: An Evaluation of Dental Ages of Norwegian Children from the Bergen Area - between five and thirteen years of age. Bergen 1972
33. GOULD, E.: Mechanical principles in extraoral anchorage. Amer.J.Orthodont. 43, 319-333 (1957)
34. GRABER, T.M.: Dentofacial Orthopedics in T.M. GRABER: Current Orthodontic Concepts and Techniques. Saunders, Philadelphia, Vol. II, 919-988 (1969)
35. GREENSPAN, R.A.: Reference charts for controlled extraoral force application to maxillary molars. Amer.J.Orthodont. 58, 486-491 (1970)
36. HÄUPL, K.: in: ANDRESEN HÄUPL/PETRIK: Funktionskieferorthopädie, 5. Aufl. 1953, 6. Aufl. 1957
37. HARVOLD, E.P., K. VARGERVIK: Morphogenetic response to activator treatment. Amer.J.Orthodont. 60, 378 (1971)
38. HASUND, A.: Position of the mandibular incisors in relation to orthodontic treatment. Trans.Europ.Orthodont.Soc. 199 (1967)

39. HASUND, A.: The use of activators in a system employing fixed appliances.
Trans.Europ.Orthodont.Soc., 329 (1969)
40. HASUND, A.: Klinische Kephalometrie für die Bergentechnik.
University of Bergen 1974, 2. Auflage 1976
41. HOTZ, R.: Orthodontie in der täglichen Praxis.
5. Auflage, Verlag Hans Huber, Bern/Stuttgart/
Wien 1974
42. HOTZ, R.: Zahnmedizin bei Kindern und Jugendlichen.
Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1976
43. JAKOBSSON, S.O.: Cephalometric evaluation of treatment effect on Kl. II, division I Malocclusion.
Amer.J.Orthodont. 53, 446-457 (1967)
44. JANSON, I.: Zeitpunkt der Bionatorbehandlung in Abhängigkeit vom Wachstum.
Fortschr.Kieferorthop. 38, 435-451 (1977)
45. JANSON, I.: Skelettale und dentoalveoläre Änderungen durch die Bionatorbehandlung in der vorpubertären und pubertären Wachstumszeit.
(Habilitationsschrift, München 1977)
Quintessenz Verlag, Berlin 1978
publ. in: Fortschr. Kieferorthop. 39, 62-76 (1978)
46. JANSON, I., A. HASUND: Indikation und Grenzen der Funktionskieferorthopädie in der täglichen Praxis.
Deutscher Zahnärztekalendar 1979, S. 112
Carl Hanser Verlag, München
47. JANSON, M.: Long-term effects of orthodontic treatment. Functional cephalometric and clinical study of Angle-class II, div. 1 malocclusion cases.
Thesis-University of Bergen 1981
48. JONAS, I.: Mathematisch-statistische Erhebung über die Größenordnung des individuellen Fehlers in der Röntgenkephalometrie der Norma lateralis unter Berücksichtigung des Übungseffektes.
Diss. Freiburg 1975
49. JONAS, I.: Knöcherne und Weichteil-Profilveränderungen nach Headgear und Aktivatortherapie.
Fortschr.Kieferorthop. 45, 335-347 (1984)
50. KARWETZKY, R.: Ein neues funktionskieferorthopädisches Gerät.
Dtsch.zahnärztl.Z. 18, 419-423 (1964)

51. KING, E.W.: Cervical anchorage in Class II division I treatment: a cephalometric appraisal.
Angle Orthodont. 27, 98-104 (1957)
52. KINGSLEY, N.W.: Oral Deformities.
New York, D. Appleton & Co., 1980
53. KLEIN, P.L.: An evaluation of cervical traction on the maxilla and the upper first permanent molar.
Angle Orthodont. 27, 61-68 (1957)
54. KLOEHN, S.J.: Guiding alveolar growth and eruption of teeth to reduce treatment time and produce a more balanced denture and face.
Angle Orthodont. 17, 10-33 (1947)
55. KLOEHN, S.J.: Orthodontics - force or persuasion.
Angle Orthodont. 23, 56-65 (1953)
56. KLOEHN, S.J.: Evaluation of cervical anchorage force in treatment.
Angle Orthodont. 31, 91-104 (1961)
57. KOCH, R. und E. WITT: Die Headgearbehandlung aus fernröntgenologischer Sicht - eine retrospektive Bewertung.
Fortschr.Kieferorthop. 38, 2, 197-204 (1977)
58. KORKHAUS, G.: Sagittale und transversale Bissanomalien und ihre kieferorthopädische Behandlung.
Verlag Carl Hanser, München 1954
59. KROGMAN, W.M., V. SASSOUNI: A Syllabus in roentgenographic Cephalometry.
College Offset, Library of Congress, Philadelphia 1957
60. KUHN, F.J.: Control of anterior vertical dimension and proper selection of extraoral anchorage.
Angle Orthodont. 38, 340-349 (1968)
61. LIEB, G.: Zur Frage der mandibulären Auswirkung kieferorthopädischer Behandlungsmaßnahmen.
Fortschr.Kieferorthop. 29, 334 (1968)
62. LINDER, H., G. HARTH: Biometrische Untersuchungen des Normalgebisses in verschiedenen Lebensaltern - Intermaxilläre, dentofacial und intramaxilläre Beziehung.
Diss. Universität Bonn, Verlag Hermann Mäusser, Berlin 1930

63. VAN DER LINDEN, F.: De aangezichtsschadef bij kindern von 7 to 11 jahr.
Thesis. Rijksuniversiteit te Groningen 1959
64. MEACH, C.L.: A cephalometric comparison of bony profile changes in class II division I patients treated with extraoral force and functional jaw orthopedics.
Amer.J.Orthodont. 52, 353-370 (1966)
65. MELSEN, B.: Langzeitbeobachtungen an Headgearfällen - ein Implantatstudium.
Fortschr.Kieferorthop. 38, 4, 424-434 (1977)
(auch in: MELSEN, B. and H. ENEMARK: Effect of cervical anchorage studied by the implant method. Trans.Europ.Orthodont.Soc. 435-447 (1969))
66. MERRIFIELD, L.L. and J.J. CROSS: Directional forces.
Amer.J.Orthodont. 57, 435-464 (1970)
67. McNAMARA, J.R. Jr.: Quantitative analysis of temporomandibular joint adaption to protrusive function.
Amer.J.Orthodont. 76, 593-611 (1979)
68. McNAMARA, J.R. Jr.: Functional determinants of craniofacial size and shape.
Europ.Journ.of Orthod. 2, 131-159 (1980)
69. MOORE, A.W.: Orthodontic treatment factors in Class II malocclusion.
Amer.J.Orthodont. 45, 323-352 (1959)
70. MOORREES, C.F.A.: The Dentition of the Growing Child. A Longitudinal Study of Dental Development between 3 and 18 years of Age.
Harvard University Press, Cambridge 1959, S. 123
71. NELSON, B.G.: Extraoral anchorage in the treatment of class II division I malocclusions, its possibilities and limitations.
Angle Orthodont. 23, 121 (1953)
72. NORTHCUTT, M.E.: Updating the timing headgear.
Journal of Clinical Orthodontics 9, 713-717 (1975)
73. OEDEGAARD, J.: The skeletal profile of Norwegian children from age 4 to 10 years.
Thesis University of Bergen 1970
74. OEDEGAARD, J.: Growth of the mandible study with the aid of metalimplants.
Amer.J.Orthodont. 58, 48 (1970)

75. OOSTHUIZEN et al.: A mechanical appraisal of the Kloehn extraoral assembly.
Angle Orthodont. 43, 221-232 (1973)
76. OPPENHEIM, A.: Biologic orthodontic therapy and reality.
Angle Orthodont. 6, 153-183 (1936)
77. PETRIK, L.: in: ANDRESEN/HÄUPL/PETRIK: Funktionskieferorthopädie. 5. Aufl. 1953, 6. Aufl. 1957
78. PETROVIC, A.G., J.T. STUTZMANN and C.L. OUDET: Control processes in the postnatal growth of the condylar cartilage of the mandible. Determinants of Mandibular Form and Growth, pp. 101-153 (1975). Monograph No. 4: Craniofacial growth series, Center of Human Growth and Development, The University of Michigan, Ann Arbor, Michigan
79. PETROVIC, A.G., J.T. STUTZMANN: Experimentelle Untersuchungen der kieferorthopädischen Beeinflussbarkeit des Gesichtswachstums.
Fortschr.Kieferorthop. 41, 212 (1980)
80. PFEIFFER, J.P. and D. GROBET: Simultaneous use of cervical appliance and activator: An orthopedic approach to fixed appliance therapy.
Amer.J.Orthodont. 61, 353 (1972)
81. PFEIFFER, J.P. and D. GROBET: The class II malocclusion: Differential diagnosis and clinical applications of activators, extraoral traction and fixed appliances.
Amer.J.Orthodont. 68, 499-544 (1975)
82. PONT, A.: Der Zahnindex in der Orthodontic.
Zahnärztl.Orthop. 3, 306 (1909)
83. POULTON, D.R.: A three years survey of class II malocclusions with and without headgear therapy.
Angle Orthodont. 34, 181-193 (1964)
84. POULTON, D.R.: The influence of extraoral traction.
Amer.J.Orthodont. 57, 8-18 (1967)
85. REITAN, K.: Biomechanical principles and reactions. In Current orthodontic concepts and techniques. Vol. 1. T.M. Graber, W.B. Saunders, 1969
86. RICKETTS, R.M.: The influence of orthodontic treatment on facial growth and development.
Angle Orthodont. 30, 103-133 (1960)

87. ROBIN, P.: Observations sur un nouvel appareil de redressement. Rev. Stomat. 1902, in: ANDRESEN/HÄUPL/PETRIK: Funktionskieferorthopädie, 6. Aufl., München 1957
88. ROUX, W.: Das Gesetz der Transformation der Knochen. Kritische Bemerkungen. Klin.Wschr. Berlin 30, 509 (1893)
89. RÜSCH, J.P. und P.W. STÖCKLI: Differenzierte Anwendung extraoraler Kräfte in der Kieferorthopädie. Inf. Orthodont. Kieferorthop. 2, 89 (1972)
90. SACHS, L.: Angewandte Statistik. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York 1976
91. STEINER, C.C.: The use of cephalometrics as an aid to planning and assessing orthodontic treatment. Amer.J.Orthodont. 46, 721 (1960)
92. STÖCKLI, P.W.: Zahnmedizin bei Kindern und Jugendlichen. Georg Thieme-Verlag, Stuttgart 1976
93. STÖCKLI, P.W., H.G. WILLERT: Tissue reactions in the temporo-mandibular joints resulting from anterior displacement of the mandible in the monkey. Amer.J.Orthodont. 60, 142-155 (1971)
94. SCHMUTH, E.P.F.: Kieferorthopädie, Grundzüge und Probleme. Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1973
95. SCHWARZE, C.W.: Der zervikale Headgear. Deutscher Zahnärztekalendar 1979, S. 131-151
96. SCHUMACHER, H.A. u. G. SANDER: Über die Krafteinwirkung auf die Sechsjahrmolaren bei der Headgearbehandlung. Fortschr.Kieferorthop. 39, 1, 46-55 (1978)
97. TEUSCHER, U.: Prinzipien extraoraler Kräfte. Inf.Orthodont.Kieferorthop. 1, 9-16 (1976)
98. TEUSCHER, U.: A Growth related concept for skeletal Class II treatment. Amer.J.Orthodont. 74, 258-275 (1978)
99. ÜLGEN, M.: Kephalmetrische Untersuchung der Auswirkungen der Distalbißbehandlung mit dem Aktivator und dem Zervikal-Headgear auf das Gesichtsskelett und deren Vergleich. Fortschr.Kieferorthop. 42, 337-348 (1981)

100. WEI, S.H.Y.: The Variability of Roentgenographic Cephalometric Lines of Reference.
University of Iowa-City 38, 74 (1968)
101. WIESLANDER, L.: The effect of orthodont. treatment.
Amer.J.Orthodont. 49, 15-27 (1963)
102. WIESLANDER, L.: The effect of force on craniofacial development.
Amer.J.Orthodont. 65, 531-538 (1974)
103. WIESLANDER, L. und D.L. BUCK: Physiologic recovery after cervical traction.
Amer.J.Orthodont. 66, 294-301 (1974)
104. WIESLANDER, L.: Early or late cervical traction therapy of class II malocclusion in the mixed deition.
Amer.J.Orthodont. 67, 432 (1975)
105. WIESLANDER, L. and L. LAGERSTRÖM: The effect of activator treatment on class II malocclusions.
Amer.J.Orthodont. 75, 20-26 (1979)
106. WISTH, P.J.: Changes in the soft tissue profile of Norwegian children from age 4 to 10 years.
Thesis, University of Bergen 1971
107. WOODSIDE, D.G. et al.: Some effects of activator treatment on the growth rate of the mandible and position of the midface.
Third Int.Orthodont.Congr. Trans.Crosby Look-wood Staples, London 1973, S. 459
108. WORMS, F.W. et al.: A concept and classification of centers of rotation and extraoral force system.
Angle Orthodont. 43, 384-401 (1973)

X. ABBILDUNGEN UND TABELLENANHANG

LAGEBEZIEHUNG 1. / 2. MOLAR OBERKIEFER

Abb. 55



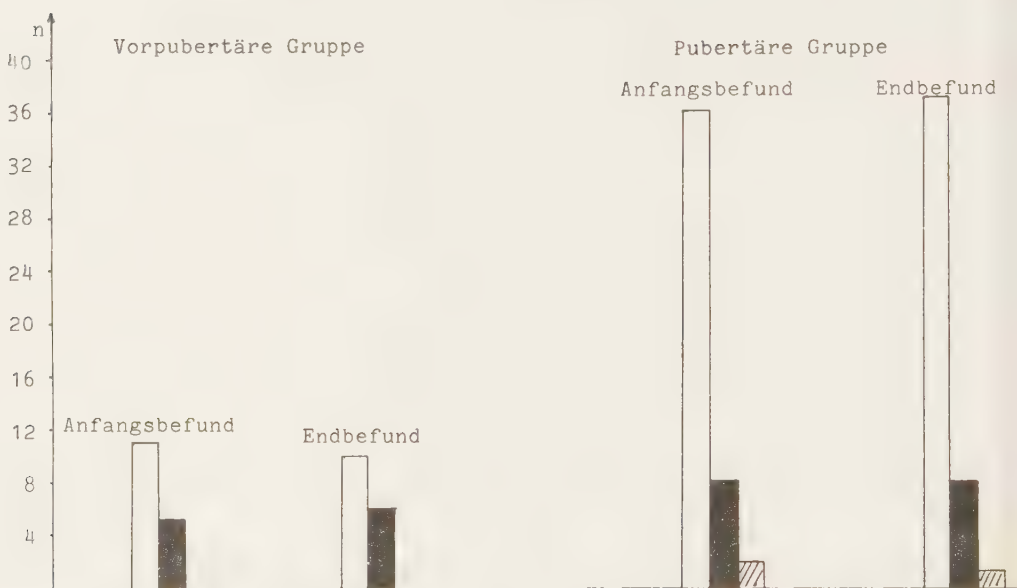
normal



eng

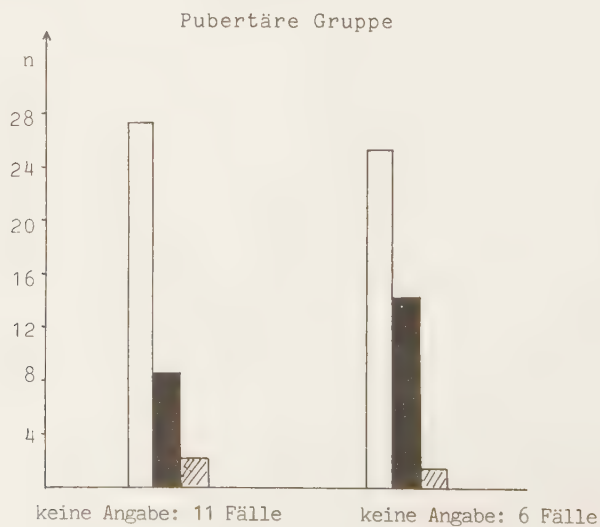


weit



LAGEBEZIEHUNG 2. / 3. MOLAR OBERKIEFER

Abb. 56



FÄCHERFORM OBERKIEFER

Abb. 57



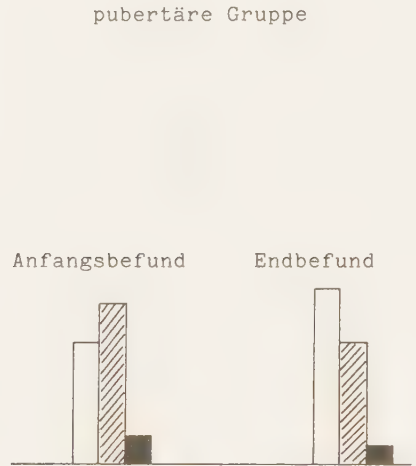
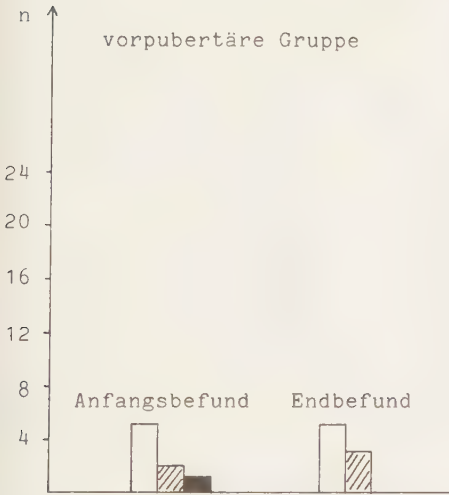
keine



leichte

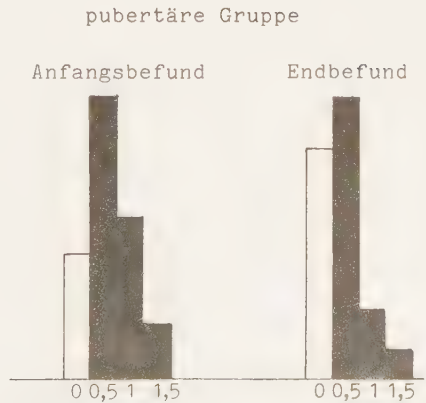
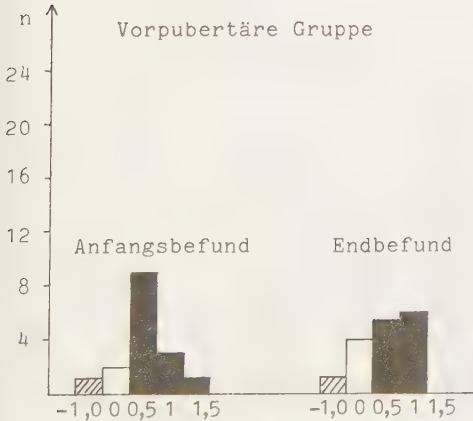


mittlere

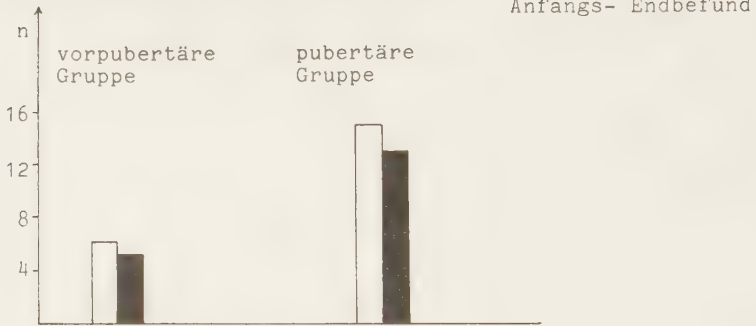


OKKLUSIONSEBENENNEIGUNG SECHSJAHRMOLAREN OBERKIEFER

Abb. 58

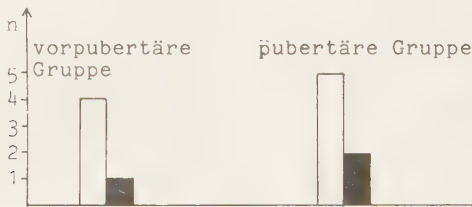


MITTELLINIENVERSCHIEBUNG Abb. 59



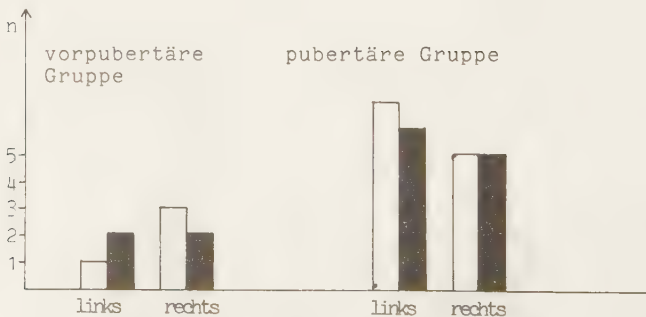
TIEFBIS MIT EINBIß

Abb. 60



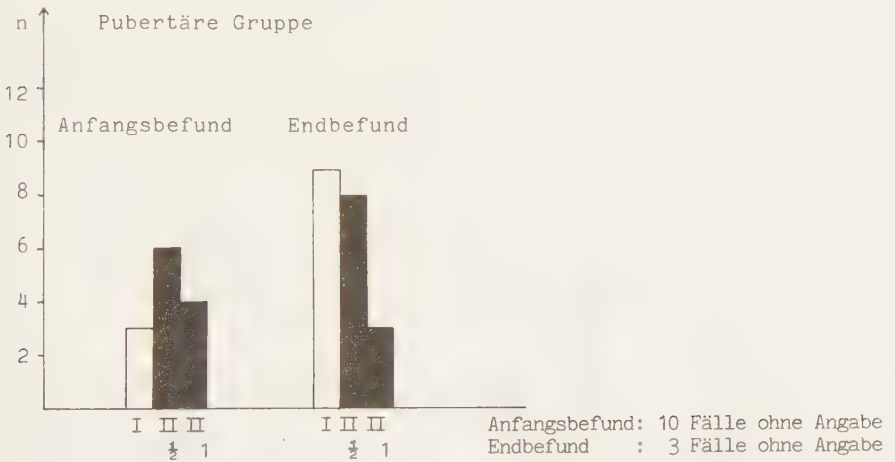
SAGITTALE ASYMMETRIE

Abb. 61



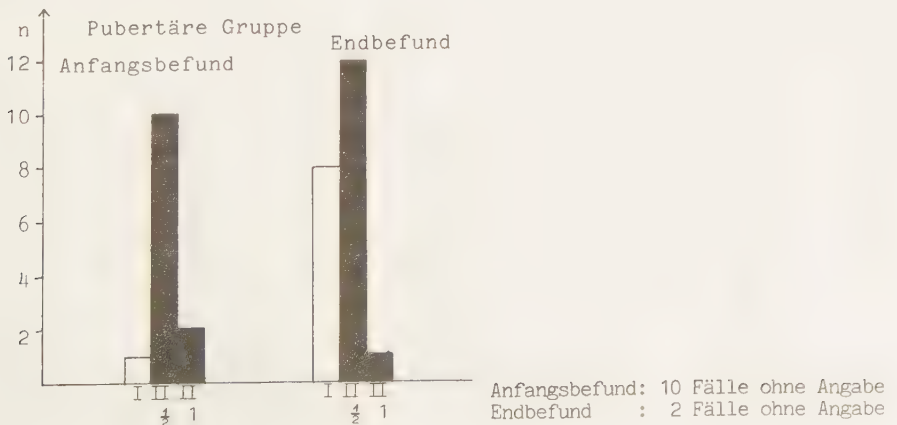
ANGLE-KLASSIFIKATION: ECKZAHN - LINKS

Abb. 62



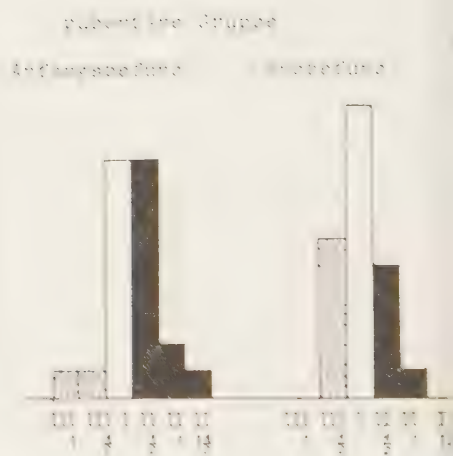
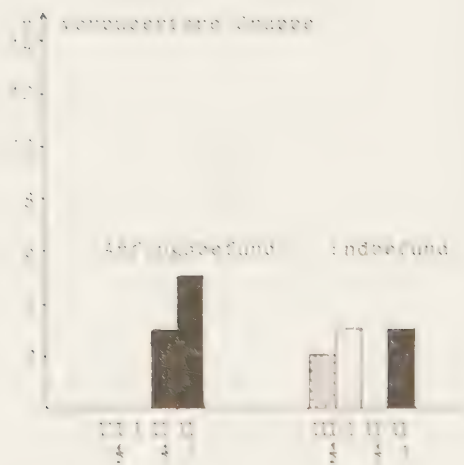
ANGLE-KLASSIFIKATION: ECKZAHN RECHTS

Abb. 63

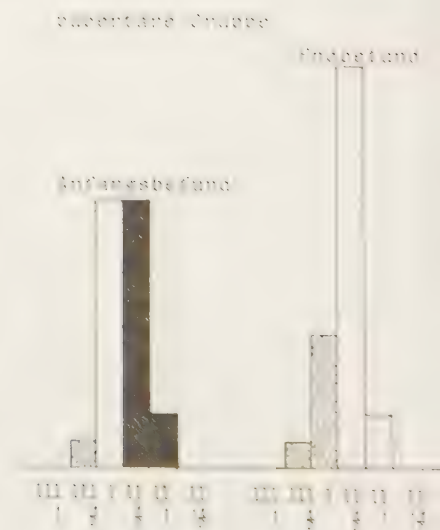
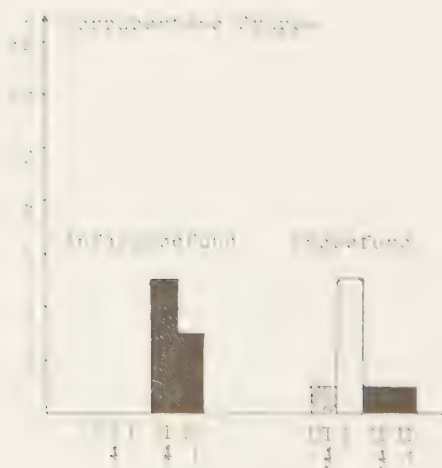


FAHRT-KLASSIFIKATION: 1. MOJAR - LIXAS
1991, 54

Klasse III 1 11



FAHRT-KLASSIFIKATION: 1. MOJAR - RECHTS
1991, 36



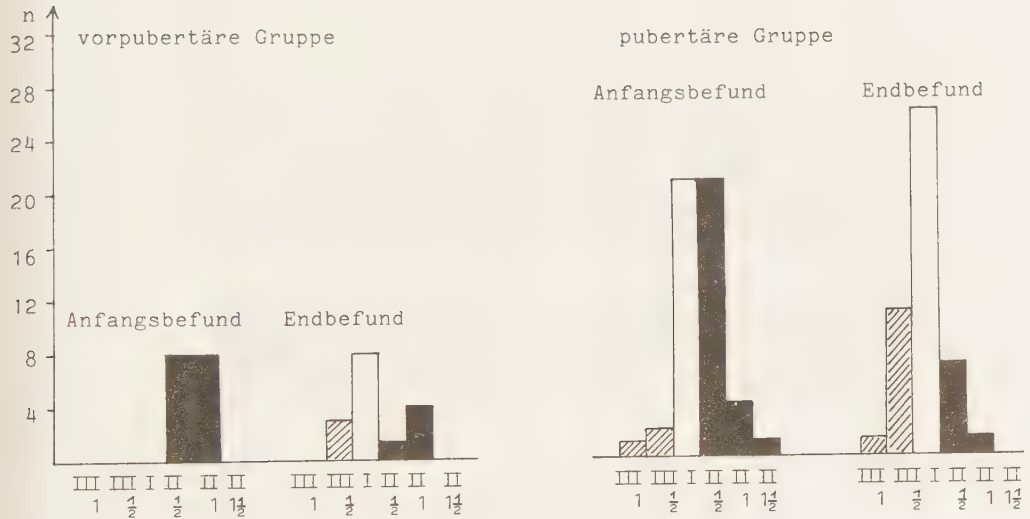
ANGLE-KLASSIFIKATION - 1. MOLAR (links u. rechts)

Abb. 66





 III I II Klasse



ANGLE-KLASSIFIKATION - ECKZAHN

Abb. 67

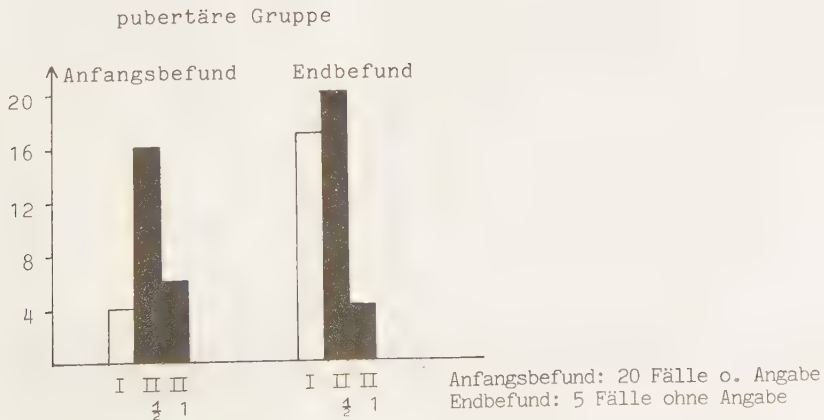
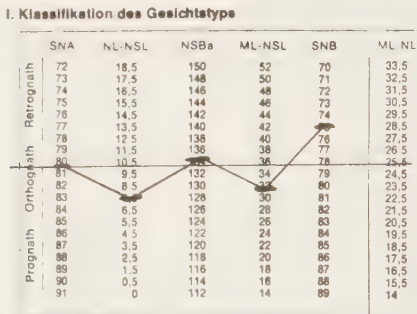


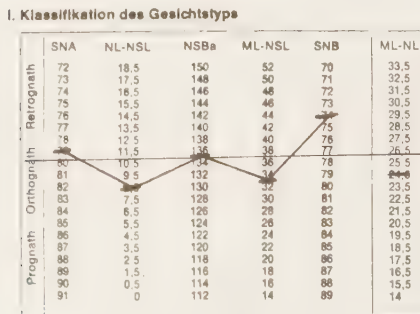
Abb. 68: Mittelwerte der Variablen, die den Gesichtstyp beschreiben - vorpubertäre Gruppe - und interbasale Relation



Klinische Aussage:

Gesichtstyp - Referenzlinie, im orthognathen Bereich - retrognathe Tendenz der Mandibula, anteriore Neigung der Kieferbasen

Abb. 69: Mittelwerte der Variablen, die den Gesichtstyp beschreiben - pubertäre Gruppe - und interbasale Relation



Klinische Aussage:

Gesichtstyp - Referenzlinie, im orthognathen Bereich - retrognathe Tendenz der Mandibula, anteriore Neigung der Kieferbasen

Patient Z.W., geb. 26.04.63
Anfangsbefund : 06.05.74 (A)
Zwischenbefund: 11.10.76 (B)

vorpertär
Bionator und Headgear



A

B

Abb. 70: Modellserie in Okklusion von rechts, von vorne und von links

Z.W.,
geb.: 26.04.63
Anfangsbefund:
06.05.74 (A)
Zwischenbefund:
11.10.76 (B)

vorpubertär
Bionator und
Headgear

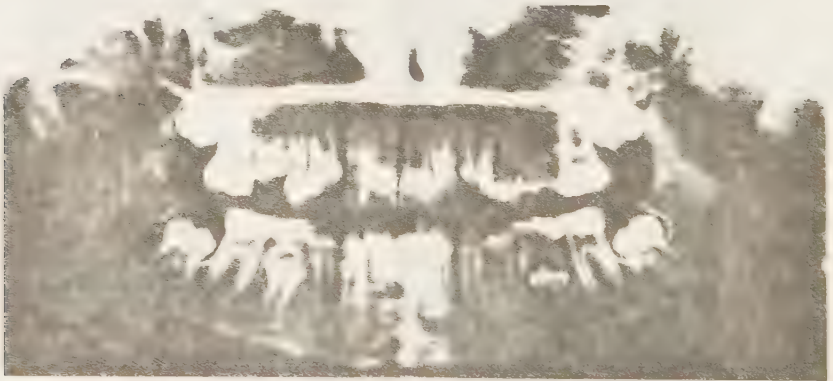


A

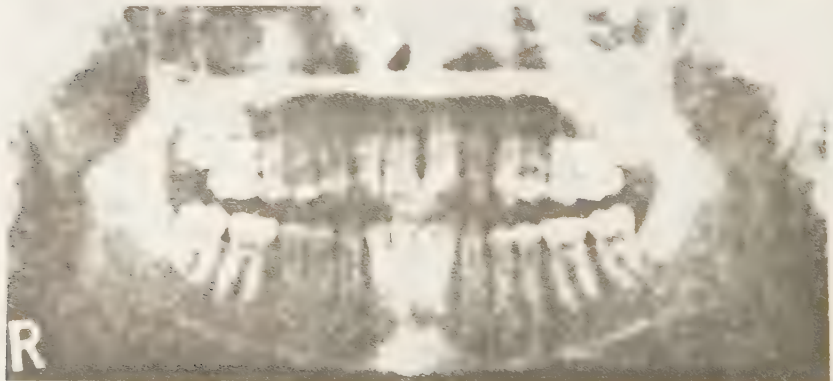


B

Abb.70a: Modellserie OK/UK Aufsicht



A



R

Abb.70b: Orthopantomogramm von Anfangs- und Zwischenbefund

Patient: Z.W.,
geb.: 26.04.63

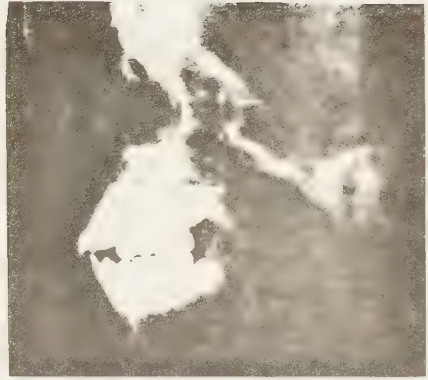
Anfangsbefund:
06.05.74 (A)

Zwischenbefund:
11.10.76 (B)

vorpubertär

Bionator und
Headgear

A



B

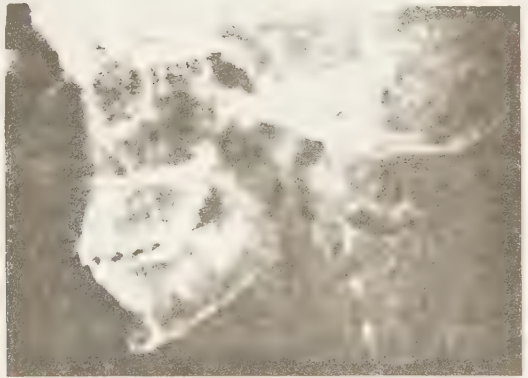


Abb. 70c : Fernröntgenseitenbilder
Anfangs- und Zwischenbefund

A



B



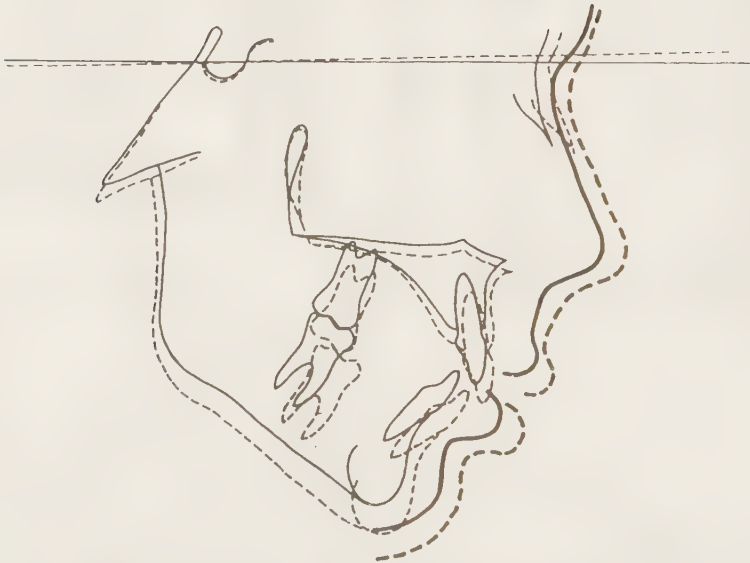
Abb. 70d : Handaufnahme Anfangs- und Zwischenbefund

Z.W. Nr 135

geb 26.4.63

A 20.5.74 — 11,1

B 11.10.76 — 13,6



Z.W. 135

Patient

26.4.63

geboren

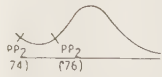
		A - 18	B - 18	C - 12
		Datum	Datum	Datum
Messungen:	Hörn	20.5.74	11.10.76	
	gerades Gesicht			
SHA	82	77,5	75,5	
SHB	80	72	71	
AHB	2	5,5	4,5	
SHPg	81	72,5	72	
ML-HSL	32	34	36	
ML-HSL	8,8	7	8,5	
ML-ML	28,8	27	27	
MSRs	130	135	134	
Qn-ago-Ar	126	125	126	
N-Winkel	56	69	64	
N-Winkel		18,5	19	
T-L (Grad)	131	127	125	
I-NA	-	22	18	19,5
I-NB	-	25	29	31
I-NA (mm)	4	2,5	4	
I-NB	-	4	6	6,5
Pg-MB	-	1	1,5	
N-Sp (mm)		49,5	53,5	
Sp-Gn	-	63	68	
N-Sp	100 (%) 79	78,6	78,6	

0-8 8-8

L-Klassifizieren des Gesichtstyps

	SHA	ML-HSL	SHB	ML-ML	SHB	ML-ML
73	16,8	188	82	79	25,9	
74	17,2	188	82	79	25,9	
75	16,8	188	82	79	25,9	
76	16,8	188	82	79	25,9	
77	16,8	188	82	79	25,9	
78	16,8	188	82	79	25,9	
79	16,8	188	82	79	25,9	
80	16,8	188	82	79	25,9	
81	16,8	188	82	79	25,9	
82	16,8	188	82	79	25,9	
83	16,8	188	82	79	25,9	
84	16,8	188	82	79	25,9	
85	16,8	188	82	79	25,9	
86	16,8	188	82	79	25,9	
87	16,8	188	82	79	25,9	
88	16,8	188	82	79	25,9	
89	16,8	188	82	79	25,9	
90	16,8	188	82	79	25,9	
91	16,8	188	82	79	25,9	

III. Wachstumsanalyse



Körpergröße

Vater	cm
Mutter	cm
Patient	cm

1. Form der Kieferlinie	+	-
2. Canalis mandibularis	+	
3. Unterlippe der Mandibula mit Symphyse	+	+
4. Richtung der Symphyse	-	-
5. Anteriore Ummantelungshäute	+	
6. Kieferwinkel	+	
Prognose vom	Summe	5 2
ANB	-5,5 ± 3,5	
N-Winkel	69 ± 66	
SHPg	-72,5 ± 73	
	1. ant.	2. horiz.

Abb. 71: Überlagerung der kephalometrischen Durchzeichnung von Anfangs- und erstem Zwischenbefund sowie Meßdaten, Gesichtstyp und Wachstumsanalyse vom Anfangsbefund (vorpupertär)

Patient: B.B., geb. 25.01.67
 Anfangsbefund: 08.02.78 (A)
 Zwischenbefund: 27.06.79 (B)

pubertär
 Bionator und Headgear

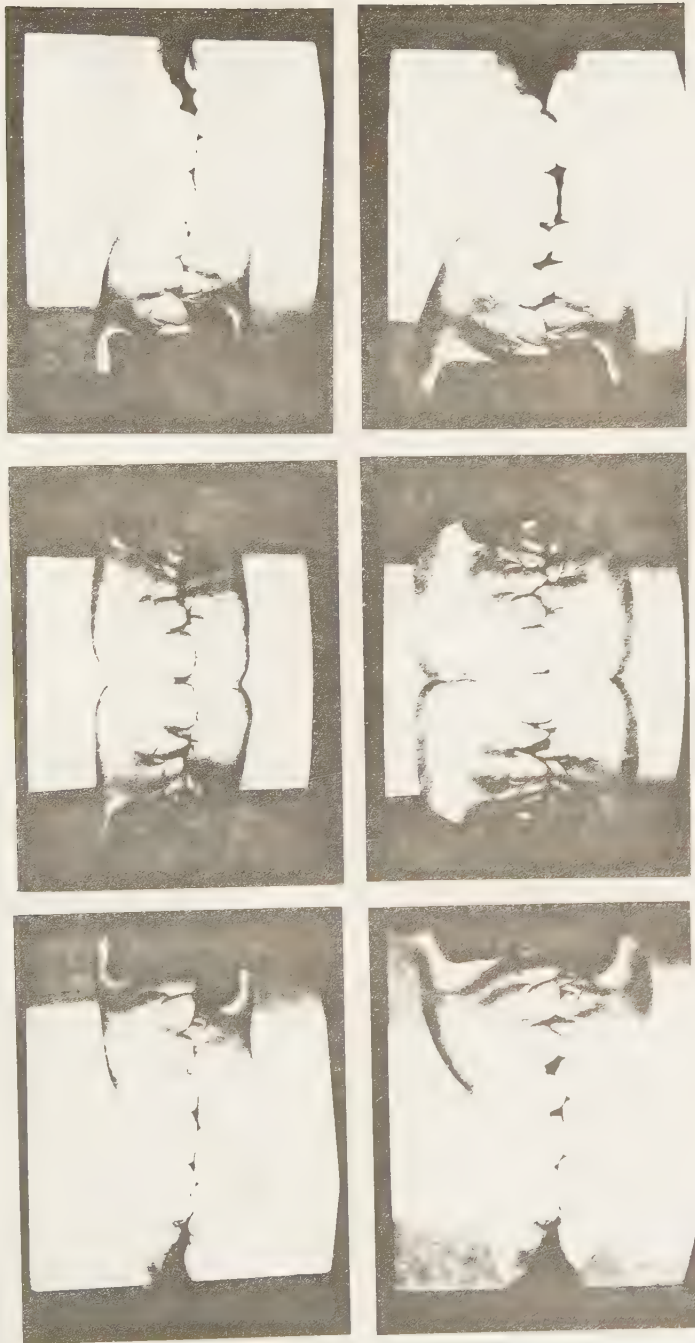


Abb. 72 : Modellserie in Okklusion von rechts, von vorne und von links

B.B.,
geb.: 25.01.67
Anfangsbefund:
08.02.78 (A)
Zwischenbefund:
27.06.79 (B)

pubertär
Bionator und
Headgear

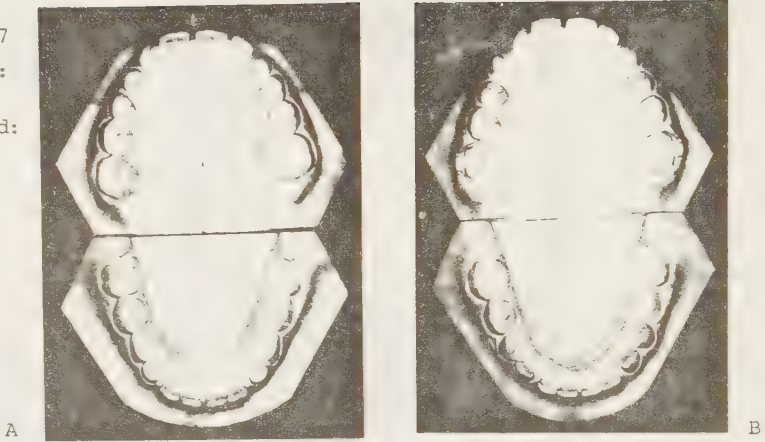


Abb. 72a : Modellserie OK/UK Aufsicht

1

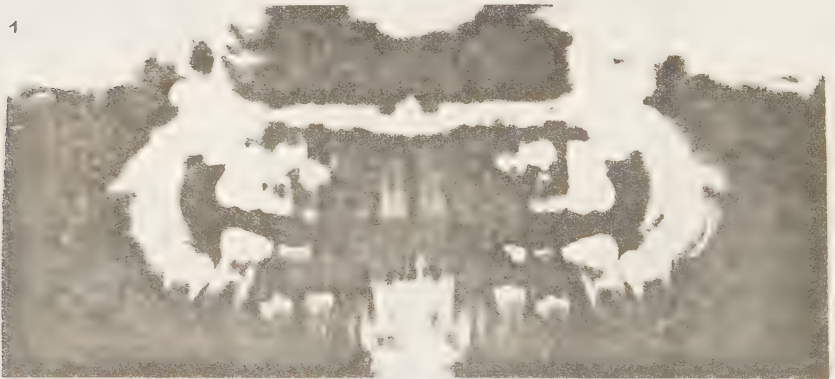


Abb. 72b : Orthopantomogramm von Anfangs- und Zwischenbefund

Patient: B.B.,
geb.: 25.01.67

Anfangsbefund:
08.02.78 (A)

Zwischenbefund:
27.06.79 (B)

pubertär

Bionator und
Headgear

A



B



Abb. 72c : Fernröntgenseitenbilder
Anfangs- und Zwischenbefund

A



B

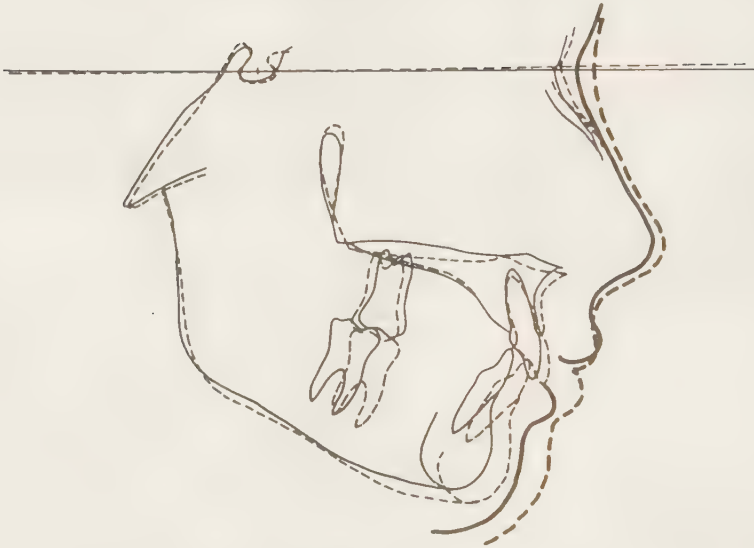


Abb. 72d : Handaufnahme Anfangs- und Zwischenbefund

B. B. Nr 141

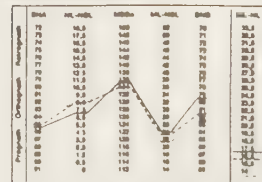
geb 25.1.67
A 8 2 78

-----11,1
B 27 6 79 -----12,5

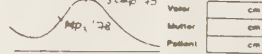


B. B.		141		
Patient		Nr		
Geburtsdatum		25.1.67		
		11,1 12,5 15,4		
		A - 12 B - 10 C - 12		
Messung:		Maß	Datum	Datum
gerades Gesicht			8.2.78	27.6.79
SNA		82	85,5	85
SNB		80	79,5	81,5
ANB		2	6	3,5
SNPp		61	81	82
ML-ANS		32	24	23,5
ML-ANS		8,5	7	8,5
ML-ANS		28,5	17	16
MSBa		130	135	134
On-Go-Al		128	120,5	121,5
H-Weibel		58	64	70,5
H-Weibel			21,5	13,5
T-1 (Grad)		131	135	126,5
J - NA		22	14	21
J - NB		25	24,5	29
J - NA (mm)		4	1	2
T - NB		4	2	2,5
Pg-AB			1,5	1
H-So (mm)			47	49,5
Sp - Gn			55,6	57
H-So			84,6	86,8
Sp - Gn		79		87,5
			0 - 4	6 - 9

L. Klassifikation des Gesichtstyps



ML Wachstumsanalyse



Körpergröße		Vater	Mutter	Patient
		cm	cm	cm
1. Form der Kieferlippen		+	-	-
2. Carinae mandibulares		+	-	-
3. Unterlippe und der Mundschlitz im Symphyse		+	+	+
4. Hebung der Symphyse		+	+	+
5. Anteriore Unterzungschinde		+	+	+
6. Kieferwinkel		+	+	+
Prognose nach		Summe	11	
ANS - 51 ± 4		Faktor	11	
H-Weibel - 64 ± 50		1 und 8	3	
SNp - 81 ± 82				

Abb. 73: Überlagerung der kephalometrischen Durchzeichnung von Anfangs- und erstem Zwischenbefund sowie Meßdaten, Gesichtstyp und Wachstumsanalyse vom Anfangsbefund (pubertär)

Genauigkeit und Fehlervariation der kephalometrischen Meßgrößen bei wiederholter Auswertung desselben Röntgenbildes (Genauigkeit = $r^2 \times 100 \%$;

Fehlervariation = $(1-r^2) \times 100 \%$)

Auswertung durch einen Probanden
(Eigenkontrolle)

Auswertung durch zwei Probanden
(Fremdkontrolle)

Fehlervariation		Genauigkeit	Genauigkeit	Fehlervariation	
0,75	Sp'-Gn	99,25	98,80	SNB	1,20
1,07	SNB	98,93	98,48	SNA	1,52
1,08	SNPg	98,02	98,17	H-W	1,83
1,40	N-Sp'	98,60	96,74	Gn-tgo-Ar	3,26
1,71	H-W	98,29	96,58	Sp'Gn	3,42
1,78	SNA	98,22	95,84	ANB	4,16
2,30	T-NB mm	97,70	95,34	T-NB mm	4,66
2,45	L-NA mm	97,55	93,08	SNPg	6,92
2,77	Gn-tgo-Ar	97,23	92,99	L-NA mm	7,01
3,74	ANB	96,26	92,61	Pg-NB mm	7,39
4,54	Pg-NB mm	95,46	91,75	T-NB°	8,25
6,70	T-NB°	93,30	90,60	ML-NL	9,40
7,42	NSBa	92,58	90,45	L-T°	9,55
7,48	ML-NL	92,52	87,00	NABa	13,00
8,06	T-L°	91,94	86,36	N-Sp'	13,64
9,90	ML-NSL	90,10	85,89	L-NA°	14,11
10,11	N-W	89,81	85,24	N-W	14,76
11,45	L-NA°	88,55	85,11	ML-NSL	14,89

Gegenüberstellung der Genauigkeitswerte der Eigenkontrolle zu den von J. JANSON 1977 errechneten Genauigkeitswerten

Eigene Untersuchung

Werte nach J. JANSON 1977

Sp'-Gn	99,25	-----	99,20	Sp'Gn
SNB	98,93		98,40	N-Sp'
SNPg	98,92		98,20	SNB
N-Sp'	98,60		98,00	SNPg
H-W	98,29		97,80	T-NB mm
SNA	98,22		96,6=	NSBa
T-NB mm	97,70		95,80	SNA
L-NA mm	97,55		93,80	Gn-tgo-Ar
Gn-tgo-Ar	97,23		90,20	ML-NL
ANB	96,26	-----	90,00	ANB
Pg-NB	95,46		89,40	H-W
T-NB°	93,30		87,90	NL-NSL
NSBa	92,58		87,60	L-NA mm
ML-NL	92,52		87,40	L-NA°
L-T°	91,94		86,60	T-NB°
ML-NSL	90,10		82,20	Pg-NB mm
N-W	89,81		80,40	L-T°
L-NA°	88,55		79,20	N-W
NL-NSL	82,78		74,90	ML-NSL

Tab. 2:

Patient: Nr.:

geboren:

G I P S M O D E L L V E R M E S S U N G *

Nr.	Variable	Modell von				Modell von			
		OK	UK	Col.	Col. nr.	OK	UK	Col.	Col. nr.
1.	Zahngröße								
	Σ 6								
2.	Bolton-Analyse								
	Σ 6 Mand x100								
	Σ 6 Max								
	Differenz								
	Σ 12								
3.	Bolton-Analyse								
	Σ 12 Mand x100								
	Σ 12 Max								
	Differenz								
4.	vorhand. Platz re.Stütz.								
5.	vorhand. Platz li.Stütz.								
6.	vorhand. Platz Front								
7.	erford. Platz re.Stütz.								
8.	erford. Platz li.Stütz.								
9.	erford. Platz Front								
10.	Differenz								
	re.								
	li.								
	Front								
11.	Total								
12.	vord. Zahnbog.breite 4+4								
13.	hint. Zahnbog.breite 6+6								
14.	oberes Zahnbog.lot Lo								
15.	Lagebezieh. zw.1.u.2.Mol	li. re.	li. re.			li. re.	li. re.		
16.	Lagebezieh. zw.2.u.3.Mol								
17.	Beziehung Wurzel-Kiefer- höhle								
18.	Fächerform (0-3)								
19.	Behinderter Durchbruch(P)								
20.	Zahnalter								

Σ OK....

Σ UK....

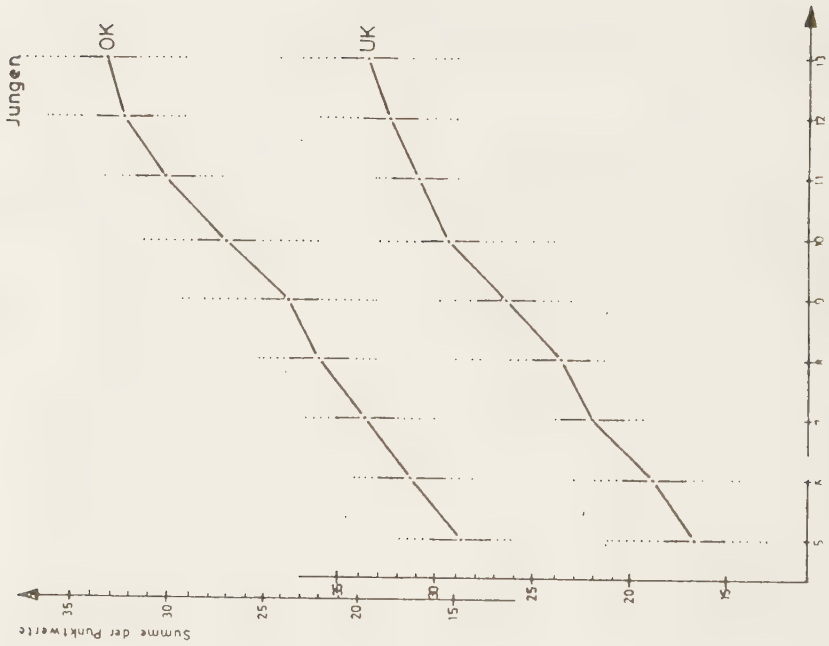
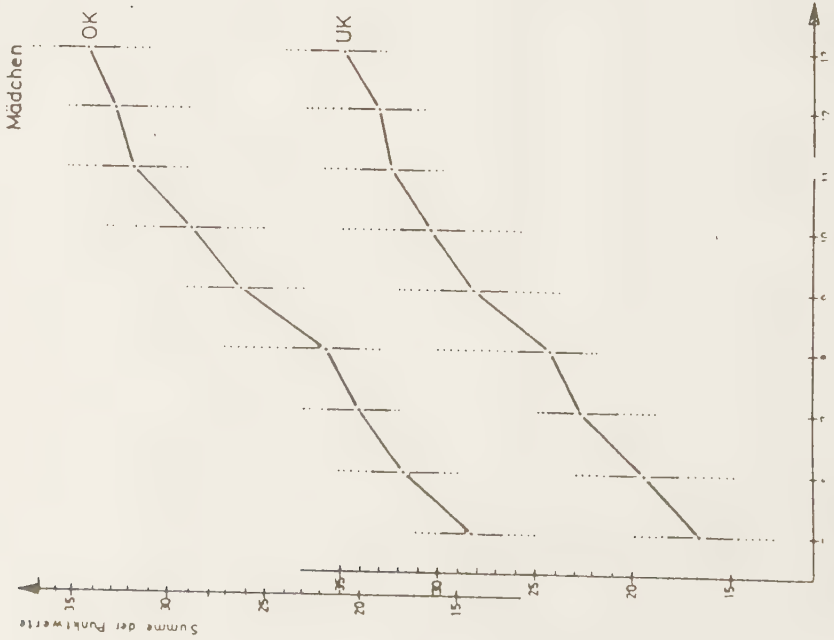
*) nach Vorlage von M. JANSON 1981

(Col. Col.nr. = für Numerierung der Merkmale zur computergerechten Auswertung)

Variable	Modell von				Modell von			
	OK	UK	Col.	Col. nr.	OK	UK	Col.	Col. nr.
<u>TRANSVERSALE</u>								
3 $\pm$ 3 Distanz								
6 $\pm$ 6 "								
Asymmetrie OK trans (buk-li)								
Kreuzbiß SZ (P)	li. / re.				li. / re.			
Kopfbiß SZ (P)	li. / re.				li. / re.			
Nonocclusion palatinal (P)	li. / re.				li. / re.			
" buccal (P)	li. / re.				li. / re.			
Mittellienienverschiebung Front								
Rotation 6erOK (+,-/P)	li. / re. /				li. / re. /			
<u>VERTIKALE</u>								
Infraokklusion Front (P)								
" SZ (P)								
Vertikaler Überbiß (+,-mm/P)	/				/			
Tiefbiß mit Einbiß								
Okklusionsebenenneigung (+,-,0-3) 6 $\pm$ 6	li. rel. re				li. rel. re			
" 7 $\pm$ 7	li. rel. re				li. rel. re			
Speesche Kurve (+,-,0-3) 6 - 6	li. / re.				li. / re.			
" 7 - 7	li. / re.				li. / re.			
Ectopic eruption (Zahn/P)	/	/			/	/		
<u>SAGITTALE</u>								
Kronenneigung ($^{\circ}$ mēs/diēt.)	/	/			/	/		
b) " (P)								
Displacement Front (P)								
Inversion (P)								
Sagittaler Überbiß (+,-mm/P)	/				/			
Angle-Klasse 6er mit Pb-Angabe	li. / re.				li. / re.			
" 3er	li. / re.				li. / re.			
Sag. Asymmetrie 6er OK								

ZAHNALTER

(nach CAT 1972)



Tab. 4: Kephalmetrische Werte der vorpubertären Gruppe (n = 8).
Mittelwerte ($\bar{x}$), Standardabweichungen (s), Minima und Maxima sowie
Differenzen mit Signifikanz der gemessenen Variablen

Kephalmetrische Werte	Befund zu Behandlungsbeginn			Befund zu Beobachtungsende			Differenz $(\bar{x}_2 - \bar{x}_1 = \bar{x}_D)$		
	$\bar{x}_1$	s ₁	Min. / Max.	$\bar{x}_2$	s ₂	Min. / Max.	$\bar{x}_D$	s _D	Min. / Max.
SNA-Winkel	80,34	2,86	76,6 / 84,5	79,48	3,21	75,8 / 84,8	-0,86	0,62	0,3 / -1,6
SNB-Winkel	75,03	2,79	71,5 / 79,6	75,81	2,19	73,3 / 79,0	0,79	1,17	-1,0 2,5
ANB-Winkel	5,31	1,50	3,7 / 7,9	3,66	2,01	0,9 / 6,5	-1,65	1,28	-0,1 -3,6
SNPg-Winkel	75,84	3,07	71,0 / 80,0	76,90	2,39	73,2 / 80,0	1,06	1,10	-0,5 / 2,7
ML-NSL-Winkel	31,80	4,30	25,7 / 40,3	30,99	4,36	25,0 / 39,1	-0,81	0,71	0,5 / -1,9
NL-NSL-Winkel	7,46	2,35	4,2 / 10,3	7,84	2,76	4,6 / 11,3	0,38	0,82	-0,8 / 1,5
ML-NL-Winkel	24,34	5,67	15,7 / 34,1	23,15	6,32	14,0 / 33,7	-1,19	1,09	0,3 / 2,7
NSBa-Winkel	134,44	4,84	128,5 / 142,5	134,76	4,82	138,5 / 142,1	0,33	1,15	-1,7 1,9
Gn-tgo-Ar-Winkel	125,48	3,95	119,7 / 130,3	124,55	4,18	118,7 / 131,8	-0,92	1,36	1,5 / -2,3
N-Winkel	63,61	7,71	49,2 / 72,8	62,13	7,18	49,3 / 70,8	-1,49	2,15	3,0 / -3,9
H-Winkel	15,59	4,69	7,2 / 23,5	12,71	4,40	7,5 / 20,0	-2,88	1,86	0,3 / -5,5
Pg-NB mm	1,51	1,45	-1,0 / 2,9	2,06	1,34	-0,2 / 3,9	0,55	0,37	-0,1 / 1,1
N-Sp' mm	51,54	1,90	48,9 / 54,9	54,66	2,19	52,1 / 57,1	3,12	1,19	1,5 / 5,5
Sp'-Gn mm	61,84	5,36	52,3 / 70,0	64,30	5,67	54,9 / 74,8	3,46	2,21	-0,5 / 5,8
N - Sp' · 100 (%) Sp'-Gn	83,76	7,91	71,9 / 97,1	85,51	7,15	71,8 / 95,3	1,75	2,58	-1,8 / 5,8
I - -Winkel	125,56	8,86	107,4 / 137,0	128,00	8,47	114,5 / 143,1	2,44	4,24	-5,0 / 7,1
I -NA-Winkel	23,31	9,78	9,2 / 39,9	23,70	9,83	6,2 / 36,7	0,39	4,31	-5,1 / 6,3
T -NB-Winkel	25,71	4,45	17,3 / 32,0	24,59	2,58	19,9 / 27,5	-1,13	3,41	5,0 / -5,0
I -NA mm	3,45	3,31	-2,5 / 7,8	4,45	3,70	-2,8 / 7,8	1,00	1,58	-0,6 / 3,1
T -NB mm	3,40	1,50	0,4 / 5,0	3,66	1,17	1,9 / 5,0	0,26	1,07	-1,4 / 1,6

Wilcoxon-Test
5% = +
2% = ++
1% = +++
0,5% = ++++

++

+++

+

+

++

++

+++

+

Tab. 5: Kephalmetrisc̄e Werte der pubertären Gruppe (n = 23).
Mittelwerte (x), Standardabweichungen (s), Minima und maxima sowie
Differenzen mit Signifikanzen der gemessenen Variablen

Kephalmetrisc̄e Werte	Befund zu Behandlungsbeginn				Befund zu Beobachtungsende				Differenz ($\bar{x}_2 - \bar{x}_1 = \bar{x}_D$)		Wilcoxon-Test 5% = + 2% = ++ 1% = +++ 0,5% = ++++
	$\bar{x}_1$	s ₁	Min.	Max.	$\bar{x}_2$	s ₂	Min.	Max.	$\bar{x}_D$	s _D	
SNA-Winkel	79,00	3,71	73,4	86,0	78,57	3,22	73,5	85,2	-0,43	0,83	1,5 / -1,7
SNB-Winkel	73,87	3,26	68,6	80,0	74,77	3,45	68,7	81,2	0,90	1,43	-1,7 / 4,2
ANB-Winkel	5,14	1,11	3,3	7,7	3,80	1,62	-0,2	6,8	-1,34	1,28	0,6 / -5,9
SNPg-Winkel	74,88	3,12	70,6	80,9	75,87	3,35	70,8	82,0	1,00	1,40	-1,7 / 4,3
ML-NSL-Winkel	33,27	5,78	22,8	44,2	32,90	5,91	23,0	45,5	-0,37	2,17	5,9 / -4,8
NL-NSL-Winkel	8,70	3,67	2,5	15,9	9,15	3,56	3,2	16,0	0,45	0,96	-1,1 / 2,5
ML-NL-Winkel	24,57	6,27	13,7	38,3	23,75	6,00	16,0	39,4	-0,82	2,03	5,8 / -3,1
NSBa-Winkel	135,22	3,50	128,5	141,0	134,84	3,57	128,4	140,8	-0,38	1,36	1,9 / -3,7
Gn-tgo-Ar-Winkel	123,36	6,40	110,5	135,4	122,66	6,78	111,2	135,0	-0,70	2,18	3,2 / -6,1
N-Winkel	63,46	4,96	44,7	72,8	62,51	5,22	44,9	72,5	-0,95	1,89	2,7 / -3,9
H-Winkel	14,43	3,63	6,6	22,0	11,79	3,96	2,0	18,4	-2,64	2,60	0,3 / -10,9
Pg-NB mm	1,71	1,45	-1,2	5,2	2,22	1,87	-0,8	7,0	0,51	0,80	-0,5 / 2,7
N-Sp' mm	53,08	3,03	46,7	59,4	55,54	3,44	48,7	60,2	2,47	1,68	-0,4 / 7,4
Sp'-Gn mm	63,26	4,68	54,7	70,0	66,67	5,48	56,4	77,7	3,41	2,00	-0,1 / 9,0
$\frac{N-Sp'}{Sp'-Gn} \cdot 100 (\%)$	84,26	6,70	71,6	99,5	83,69	6,67	68,5	97,9	0,57	0,91	-0,6 / 9,0
L- -Winkel	128,42	7,05	114,1	154,5	129,74	9,74	117,5	153,0	1,32	5,34	-8,1 / 11,7
L-NA-Winkel	19,06	6,86	7,7	34,2	19,27	8,33	2,8	40,0	0,21	4,03	-7,0 / 7,9
T-NB-Winkel	27,40	6,03	14,8	40,1	27,12	5,60	18,0	37,5	-0,28	2,87	4,2 / -5,8
L-NA mm	2,59	2,41	-0,5	7,0	3,05	2,87	-1,2	9,2	0,46	1,23	-1,3 / 2,9
T-NB mm	4,73	2,49	0,4	9,1	4,88	2,00	1,6	8,0	0,15	1,14	-1,9 / 2,3

Tab. 6: Gegenüberstellung der kephalometrischen Variablen ($\bar{x}$ und s) der vorliegenden Untersuchung (Kombinationsbehandlung) mit denen der Kontrollgruppe JANSON 1977 (45) (unbeeinflusstes Wachstum). Eine Homogenität der Ausgangsbefunde kann angenommen werden.

VORPUBERTÄRE GRUPPE	Anfangsbefunde				Endbefunde				Differenzen	
	MESCH		JANSON		MESCH		JANSON		MESCH	
Kephalometrische Variablen	$\bar{x}_1$	s_1	$\bar{x}_1$	s_1	$\bar{x}_2$	s_2	$\bar{x}_2$	s_2	$\bar{x}_D$	s_D
SNA	80,34	2,86	79,64	3,30	79,48	3,21	79,29	3,29	-0,86	-0,62
SNB	75,03	2,79	75,45	3,27	75,81	2,19	75,64	3,52	0,79	1,17
ANB	5,31	1,50	4,19	2,04	3,66	2,01	3,65	1,81	-1,65	1,28
SNP _g	75,84	3,07	76,28	3,46	76,90	2,39	76,51	3,70	1,06	1,10
ML-NSL	31,80	4,30	33,06	5,01	30,99	4,36	33,41	5,32	-0,81	0,71
UL-NSL	7,46	2,35	7,03	2,93	7,84	2,76	7,06	2,92	0,38	0,82
ML-NL	24,34	5,67	25,98	4,38	23,15	6,32	26,30	4,71	-1,19	1,09
NSBa	134,44	4,84	131,98	4,45	134,76	4,82	131,76	4,22	0,33	1,15
Gn-tgo-Ar	125,48	3,95	124,61	4,41	124,55	4,18	124,60	5,15	-0,92	1,36
N-W	63,61	7,71	63,48	5,55	62,13	7,18	62,50	5,15	-1,49	2,15
H-W	15,59	4,69	13,44	4,34	12,71	4,40	13,04	4,50	-2,88	1,86
L-I°	125,56	8,86	135,39	10,96	128,00	8,47	132,84	8,56	2,44	4,24
L-NA°	23,31	9,78	18,55	6,57	23,70	9,83	20,00	5,51	0,39	4,31
I-NB°	25,71	4,45	21,85	5,98	24,59	2,58	23,32	5,38	-1,13	3,41
L-NA (mm)	3,45	3,31	2,64	3,13	4,45	3,70	2,93	2,07	1,00	1,58
I-NB (mm)	3,40	1,50	3,21	2,24	3,66	1,17	3,75	2,03	0,26	1,07
Pg-NB (mm)	1,51	1,45	1,55	1,36	2,06	1,34	1,61	1,41	0,55	0,37
N-Sp' (mm)	51,54	1,90	46,39	3,08	54,66	2,19	51,59	2,86	3,12	1,19
Sp'-Gn (mm)	61,84	5,36	60,68	4,36	64,30	5,67	63,80	4,04	3,46	2,21
N-Sp' / Sp'-Gn (%)	83,76	7,91	81,56	5,62	85,51	7,15	80,60	6,59	-1,75	2,58
Alter (Jahre)	10,4		9,5		12,1		10,6			
Zeitdifferenz (Monate)	-		-		-		-		20,9	
Fallzahl	8		55		8		55		8	

Tab. 7: Gegenüberstellung der ophthalmometrischen Variablen ($\bar{x}$ und s) der vorliegenden Untersuchung (Zentrationsbestimmung) mit denen der Kontrollgruppe JANSON 1977 (45) (unbeeinflusstes "Normal" - eine Berechnung der Ausgangsbefunde kann angeschlossen werden).

PUBLIKATIONSGRUPPE Ophthalmometrische Variablen	Anfangsbefunde				Erdbefunde				Differenzen				
	MESCH	$\bar{x}_1$	s_1	$\bar{x}_1$	JANSON	s_1	MESCH	$\bar{x}_2$	s_2	JANSON	s_2	MESCH	$\bar{x}_D$
TRA		79,69	3,71	80,22	3,23		78,57	3,22	79,81	3,59		-0,43	0,83
2NB		71,97	3,26	73,69	3,73		74,77	3,45	76,06	3,88		0,96	1,43
2AB		5,14	1,11	4,47	1,75		3,80	1,62	3,78	1,68		-1,34	1,28
3ABg		74,88	3,12	76,67	4,66		75,87	3,35	77,22	4,13		0,99	1,46
ML-NGL		33,27	5,78	32,83	6,76		32,96	5,91	32,61	6,98		-0,37	2,17
ML-NGL		8,70	3,67	6,25	2,73		9,15	3,56	6,44	3,27		0,45	0,96
ML-NL		24,57	6,27	26,36	6,39		23,75	6,09	26,11	6,59		-0,82	2,03
NGLBa		14,22	3,35	13,36	7,38		13,84	3,57	132,00	5,03		-0,38	1,36
Gr-Myr-Gr		123,36	6,40	125,44	7,26		122,66	6,78	124,89	7,25		-0,70	2,18
H-W		63,46	4,96	62,03	6,57		62,51	5,22	61,14	6,96		-0,95	1,89
H-W		14,43	3,63	12,67	3,99		11,79	3,96	11,56	4,32		-2,64	2,60
L-T'		128,42	7,65	133,03	9,87		129,74	9,74	132,78	8,74		1,32	5,34
L-W''		19,06	6,86	20,78	7,95		19,27	8,33	20,47	5,17		0,21	4,03
T-BT'		27,40	6,03	21,47	4,43		27,12	5,60	22,58	6,48		-0,28	2,87
L-NA (mm)		2,59	2,41	3,00	3,08		3,05	2,87	3,17	1,97		0,46	1,23
T-NB (mm)		4,73	2,49	3,33	2,35		4,88	2,06	4,19	4,19		0,15	1,14
Pg-NB (mm)		1,71	1,45	1,81	1,45		2,22	1,87	2,11	1,75		0,51	0,80
N-Sp' (mm)		53,08	3,03	49,44	2,83		55,54	3,44	52,56	2,26		2,47	1,68
Sp'-Gn (mm)		63,26	4,68	60,81	4,78		66,67	5,48	65,44	4,76		3,41	2,00
N-Sp'/Sp'-Gn (%)		84,26	6,70	79,48	9,27		83,69	6,67	80,61	6,58		0,57	0,91
Alter (Jahre)		11,9		11,2			13,2					12,6	
Zeitdifferenz (Monate)		-		-			-					15,7	
Fallzahl		23		18			23		18			23	

Tab. 8: Modelldaten der vorpubertären Gruppe (n = 8). Mittelwerte ($\bar{x}$), Standardabweichungen (s) Minima und Maxima sowie Differenzen mit Signifikanz der gemessenen Variablen Wilcoxon-Test

	Befund am Behandlungsbeginn				Befund am Beobachtungs-ende				Differenz ($x_2 - x_1 = x_D$)				Wilcoxon-Test	
	$\bar{x}_1$	s ₁	Min./Max.	$\bar{x}_2$	s ₂	Min./Max.	$\bar{x}_D$	s _D	Min./Max.	s _D	Min./Max.	s _D		
Stützzone Oberkiefer rechts *	2,55	2,98	-1,2 / 7,5	3,05	2,01	-0,3 / 5,1	0,50	1,56	-2,4 / 2,6				5% = +	
Stützzone Oberkiefer links *	2,59	3,00	-0,8 / 7,6	2,75	1,72	0,2 / 4,7	0,16	1,97	-2,9 / 2,5				2% = ++	
Stützzone Unterkiefer rechts *	2,25	2,92	-1,4 / 8,0	1,14	2,20	-0,9 / 5,8	-1,11	1,02	0,5 / -2,8				1% = +++	+
Stützzone Unterkiefer links *	2,11	2,65	-0,8 / 7,6	1,35	2,30	-0,2 / 6,8	-0,76	1,11	0,6 / -2,5					
Vordere Zahnbogenbreite 4 + 4	35,68	1,49	33,9 / 28,2	37,40	2,11	34,8 / 40,0	1,72	1,54	0,3 / 4,5					+
Hintere Zahnbogenbreite 6 + 6	45,28	1,50	42,5 / 46,6	45,71	2,33	42,1 / 48,8	0,44	0,97	-1,1 / 2,2					
oberes Zahnbogenlot lo	20,42	1,72	17,5 / 22,5	21,25	1,08	20,0 / 22,5	0,83	1,21	-1,0 / 2,5					
3 + 3 Distanz OK	32,97	2,39	29,7 / 35,2	35,42	2,77	31,6 / 38,5	2,45	1,17	0,8 / 3,6					+
3 - 3 Distanz UK	27,67	2,29	23,9 / 29,9	27,37	1,47	25,1 / 29,7	-0,30	2,06	3,3 / -2,2					
6 + 6 Distanz OK	32,48	1,44	30,3 / 34,4	32,93	2,28	29,8 / 36,9	0,45	1,05	-0,9 / 2,5					
6 - 6 Distanz UK	31,83	1,40	29,7 / 34,1	31,24	1,61	28,2 / 33,2	-0,59	0,65	0,2 / -1,5					
Sagittaler Überbiß	7,00	3,24	2,8 / 12,4	5,34	2,94	1,9 / 10,0	-1,66	1,72	0,5 / -4,7					+
Vertikaler Überbiß	4,03	1,81	1,0 / 6,0	3,71	1,42	2,0 / 6,0	-0,31	1,03	1,0 / -1,5					
Boltonanalyse	OK > UK				"6"				"12"					
	UK > OK				2 ($\bar{x} = 0,7$)				2 ($\bar{x} = 2,6$)					
	keine Angabe				2 ($\bar{x} = 1,2$)				2 ($\bar{x} = 1,5$)					
					4				4					

* Differenz: vorhandener zu erforderlichem Platz

Tab. 9: Modelldaten der pubertären Gruppe (n = 23). Mittelwerte ($\bar{x}$), Standardabweichungen (s), Minima und Maxima sowie Differenzen mit Signifikanzen der gemessenen Variablen

	Befund am Behandlungs- beginn				Befund am Beobachtungs- ende				Differenz ($\bar{x}_2 - \bar{x}_1 = \bar{x}_D$)		Signifikanz	
	$\bar{x}_1$	s ₁	Min./Max.	$\bar{x}_2$	s ₂	Min./Max.	$\bar{x}_D$	s _D	$\bar{x}_D$	s _D	Min./Max.	Signifikanz
Stützzone Ober- kiefer rechts *	1,46	2,00	-2,5 / 5,8	2,09	2,02	-0,6 / 6,8	0,63	1,72	2,8 / 3,0	1,72	-2,8 / 3,0	5% = +
Stützzone Ober- kiefer links *	1,58	2,70	-6,2 / 8,9	2,08	2,92	-1,2 / 7,9	0,50	1,89	-3,7 / 4,6	1,89	-3,7 / 4,6	2% = ++
Stützzone Unter- kiefer rechts *	1,17	2,05	-3,8 / 4,5	0,60	1,91	-4,7 / 4,6	-0,38	1,01	2,2 / -3,0	1,01	2,2 / -3,0	1% = +++
Stützzone Unter- kiefer links *	1,38	1,79	-1,8 / 5,1	0,64	1,41	-1,4 / 4,3	-0,74	1,14	1,7 / -3,0	1,14	1,7 / -3,0	0,5% = ++++
Vordere Zahnbreite 4 + 4	36,86	2,42	33,8 / 40,0	37,55	2,16	34,8 / 41,6	0,69	1,04	-1,5 / 2,4	1,04	-1,5 / 2,4	+
Hintere Zahnbreite 6 + 6	46,82	3,47	38,6 / 54,0	47,46	3,83	37,7 / 54,0	0,64	1,11	1,5 / 2,7	1,11	1,5 / 2,7	+
Obere Zahnbreite 10	19,00	1,35	17,0 / 21,5	19,69	1,42	17,0 / 23,0	0,69	0,96	-1,0 / 2,5	0,96	-1,0 / 2,5	++
3 + 3 Distanz OK	34,27	2,26	30,2 / 39,0	35,07	1,98	32,3 / 39,1	0,80	1,63	-1,8 / 4,7	1,63	-1,8 / 4,7	+
3 - 3 Distanz UK	27,60	1,91	24,3 / 30,3	26,86	1,53	23,5 / 29,7	-0,74	1,50	4,2 / -4,4	1,50	4,2 / -4,4	+
6 + 6 Distanz OK	33,99	2,96	26,6 / 38,6	34,56	3,07	21,1 / 49,9	0,57	1,06	-1,2 / -2,9	1,06	-1,2 / -2,9	+
6 - 6 Distanz UK	33,17	2,90	25,9 / 39,2	32,84	2,77	27,2 / 37,1	-0,28	1,13	2,0 / -3,1	1,13	2,0 / -3,1	+
Supraaler Oberbit	4,93	2,46	2,3 / 11,6	4,30	2,13	2,4 / 10,6	-0,63	1,17	1,0 / -3,1	1,17	1,0 / -3,1	+
Vertikaler Oberbit	3,93	1,21	2,5 / 7,0	3,33	1,18	1,5 / 6,0	-0,60	1,00	1,0 / -2,5	1,00	1,0 / -2,5	+

"12" 11 ($\bar{x} = 2,4$)
6 ($x = 1,0$)
5

"6"

11 ($\bar{x} = 2,7$)
6 ($x = 1,4$)
5

OK > UK
UK > OK
keine Angabe

Evolutionäre Analyse

*) Differenz:
vorhandener zu erforderlichen Platz

Tab. 10: Orthopantomogramm-Befunde

		VORPUBERTÄRE GRUPPE (n = 8)			PUBERTÄRE GRUPPE (n = 23)		
		Anfangsbefund		Endbefund	Anfangsbefund		Endbefund
		li	re	li re	li	re	li re
1./2. Molar OK	normal	5	6	4 6	17	19	19 18
	eng	3	2	4 2	5	3	4 4
	weit	-	-	-	1	1	- 1
2./3. Molar OK	li re	li	re	li re	li	re	li re
	normal	2	2	2 2	10	17	11 14
	eng	-	-	2 2	5	1	9 5
	weit	-	-	-	2	-	- 1
	keine Angabe	6	6	4 4	6	5	3 3
Fächerform OK	keine	5	5	5	9	13	
	leichte	2	3	3	12	9	
	mittlere	1	-	-	2	1	
	ausgeprägt	-	-	-	-	-	-
Zahnalter	Normalzahner	3	-	-	14	-	-
	Frühzahner	1	-	-	2	-	-
	Spätzahner	4	-	-	7	-	-
					(60,9%)		
					(8,7%)		
					(30,4%)		

Tab. 11: Modell-Befunde

	VORPUBERTÄRE GRUPPE				PUBERTÄRE GRUPPE			
	Anfangsbefund		Endbefund		Anfangsbefund		Endbefund	
	ja	nein	ja	nein	ja	nein	ja	nein
Asymmetrie transversal OK	1	7	1	7	4	19	4	19
Mittellinienverschiebung	6	2	5	3	15	8	13	10
Tiefbiß mit Einbiß	4	4	1	7	5	18	2	21
Sagittale Asymmetrie OK	li	7	2	2	li	16	6	17
	re	5	6	6	re	18	5	18
Okklusionsebenenneigung	li	re	li	re	li	re	li	re
Sechsjahrmolar OK	-0,5	-	1	-	-0,5	-	-	-
	0	1	2	2	1	5	5	12
	0,5	4	2	3	0,5	11	13	8
	1	2	3	3	1	4	4	1
	1,5	1	-	-	1,5	3	1	1
Angle-Klassifizierung	li	re	li	re	li	re	li	re
Sechsjahrmolar	III/1	-	-	-	III/1	1	-	1
	III/	-	2	1	III/	1	6	5
	I	-	3	5	I	10	11	15
	II	3	5	1	II	9	5	2
	II/1	5	2	1	II/1	2	1	-
	II/1	-	1	-	II/1	1	-	-
Angle-Klassifizierung	li	re	li	re	li	re	li	re
Eckzahn	III	-	1	-	III	-	-	-
	I	-	1	1	I	3	9	8
	II	-	4	5	II	6	10	12
	II/1	-	-	-	II/1	4	3	1
keine Angabe	8	8	2	2	keine Angabe	10	3	2

Tab. 12: Angle-Klassifizierung bei Sechsjahrmolaren -
Veränderungen der sagittalen Relation

	VORPUBERTÄRE GRUPPE		PUBERTÄRE GRUPPE	
	li	re	li	re
<u>nach distal</u>				
	I → III		3	2
	II → I	3	4	7
um $\frac{1}{2}$ Pb	II/1 → II	1	-	1
	II/1 → II/1	1	-	-
	I → III/1	-	-	1
	II → III	1	1	2
	II/1 → I/1	2	1	1
um 1 Pb	II/1 → II	-	1	-
<u>unverändert</u>	III → III	-	1	1
	I → I	-	6	7
	II → II	-	4	1
	II/1 → II/1	3	1	-
<u>nach mesial</u>	III/1 → III	-	1	-
	II → II/1	-	-	-
Vergleich der Sechsjahrmolaren - Veränderungen zwischen vorpubertärer und pubertärer Gruppe				
nach distal	um $\frac{1}{2}$ Pb	6	17	
	um 1 Pb	7	7	
unverändert		3	21	
nach mesial		-	1	

Tab. 14: Ergebnisse der Literatur zur Kombinationsbehandlung (Differenzen $\bar{x}_D$)

PFEIFFER/GROBETZ 1972

MEICH 1985

Gerätetyp	Aktivator u. zervikaler HG undifferenziert	Bionator u. zervikaler HG pubertäre Gruppe	
Reifegrad	18,5	20,9	15,7
Behandlungsdauer (Mon.)	8,3	10,4	11,9
Patientenalter zu Behandlungsbeginn (Jahre)	39	8	23
Fallzahl			
Kephalometrische Werte	$\bar{x}_D$	t-Test	Wilcoxon- Test
SNA°	-2,25	***	-0,86 **
SNB°	0,41		0,79
ANB°	-2,75	***	-1,65 ***
NL-NSL°	2,05	***	0,38
ML-NSL°	1,28	***	-0,81 *
NSBa°	0,59	***	0,33
II-W°	-3,50	***	-2,88 **
I-T°	4,48	**	2,44
I-NA mm	-0,36		1,00
T-NB mm	-0,42	**	0,26
Pg-NB mm	0,19		0,55 **
Modelwerte			
3 + 3 Distanz OK	2,61	***	2,45 *
3 - 3 Distanz UK	1,00	*	-0,30
6 + 6 Distanz OK	1,42	***	0,45
6 - 6 Distanz UK	0,74	*	-0,59
p-Werte			
p ≤ 5%:	*	p ≤ 5%:	*
p ≤ 1%:	**	p ≤ 2%:	**
p ≤ 0,1%:	***	p ≤ 1%:	***
		p ≤ 0,5%:	****

(Kontrollgruppe)

Tab. 14: Skelettale Variable

	PFEIFFER/ GROBETH 1972	ABBÜHL 1976	FRISLID/ RAKOSI 1976	MELSEN 1977	WIES- LANDER 1974	MESCH 1985	ABBÜHL 1976	ÜLGEN 1981
Untersuch.- Gruppe, n =	39	10	70	10/ 102	28	8/ 23	10	10
Reifegrad	-	-	-	-	-	vord. pub.	-	-
Anfangsalter (Jahre)	8,3	9,1	9,7	9,25	9	10,4/ 11,9	9,1	9,45
Behandlungs- dauer	1,6	1,8	1,25	8 Mn.	3	20,9/ 15,7	1,8	1,87
$\bar{x}$ ANB Winkel	6,16°	5,78°	4,7°	-	6°	5,31/ 5,14°	5,5°	6°
Aktivator HG zerv. 450 P	-	-	-	-	-	Bionator HG zerv. 400 P	-	-
Außenname n.kranial	-	Außenname parallel	Außenname n.kranial	Außenname n.kranial	-	Außenname n.kranial	-	-
SNA	-2,25 ***	-1,84 ***	-0,80	-1,6 * / -0,8	-	-0,86 ** / -0,43 *	0,43	0,10
SNB	0,41	1,62	0,50	-	-	0,79 / 0,90	0,72	0,60
ANB	-2,75 ***	-3,45 ***	-1,30	-	-2,9 ***	-1,65 *** / -1,34 ***	-0,30	-0,50
ML - NSL	1,28 ***	-0,81	-	2,7 / 2	1,29 ***	-0,81 * / -0,37	-0,71	-1,00
NL - NSL	2,05 ***	1,44 ***	-	1,6 / 0,6	1,56 **	0,38 / 0,45	-0,45	0,20
ML - NL	0,77	-2,23 **	-	-	-0,27	-1,19 * / -0,82 **	-0,27	-1,20
H-Winkel	-3,50 ***	-	-	-	-	-2,88 ** / -2,64 ***	-	-
Quotient	-	-	-	-	-	1,75 / 0,57	-	-

Signifikanz s. Tab. 13, S. 194

Tab. 15 : Dentoalveoläre Variable

	PFEIFFER/ GROBETZ 1972 Aktivator + Headgear	ABBÜHL 1976 zervikal. Headgear	MESCH 1985 Bionator + Headgear	Kontrollgruppe	
				ABBÜHL 1976 -	ÜLGEN 1981 -
				(unbehandelte Gruppen)	
T-L °	4,48 **	0,45	voip. / p ^h .	-1,99	-
I-NA °	-	1,97	2,44 / 1,32	1,97	1,15
T-NB °	-	-	0,39 / 0,21	-	1,95
I-NA mm	-2,73	1,40	-1,13 / -0,28	0,60	-
T-NB mm	-2,29 **	-0,55	1,00 / 0,46	0,35	-
3 + 3 OK	2,61 ***		2,45* / 0,80		
3 - 3 UK	1,00 *		-0,30 / -0,74		
6 - 6 OK	2,42 ***		0,45 / 0,57		
6 - 6 UK	0,74 *		-0,59 / -0,28		
LO	0,86 *		0,83 / 0,69 **		
				p ≤ 5%:	*
				p ≤ 1%:	**
				p ≤ 0,1%:	***
				p ≤ 5%:	****

DANKSAGUNG

Frau Prof. Dr. Ingrid Janson danke ich sehr herzlich für die Überlassung des Dissertationsthemas und für die freundliche Unterstützung während der Arbeit.

Mein Dank gilt ebenfalls Herrn Dr.med. Dr.med.dent. M. Janson, Dr.odont. U.B., für die Beratung und Unterstützung bei der Erstellung der Modellanalyse.

Für die Übernahme des Korreferates danke ich sehr Herrn Prof. Dr. Felix Ascher.

Herrn Dipl.Inf. Ch. Thieme danke ich für die Beratung und Unterstützung bei der statistischen Auswertung des vorliegenden Untersuchungsmaterials.

Ein Teil der Abbildungen wurde mir freundlicherweise aus dem Archiv von Frau Prof. Janson zur Verfügung gestellt.

LEBENS LAUF

Name:	Ludwig Mesch
Geburtsdatum:	19.11.1950
Geburtsort:	Gräfelting
Vater:	Ludwig Mesch, Architekt
Mutter:	Irmgard Mesch, geb. Lindig, Hausfrau
Schulbildung:	1957 - 1962 Volksschule Gräfelting
	1962 - 1971 Gymnasium Gräfelting
	1971 Abitur
	1972 - 1978 Studium der Zahnmedizin an der Ludwig-Maximilians-Universität in München
	1979 Staatsexamen und Approbation
Beruflicher Werdegang:	1980 - 1981 Stabsarzt auf Bundeswehr- Zahnstation in München
	1981 - 1982 Assistent in der Praxis von Dr. G. Feilhuber, München
	1983 eigene Praxis in Rickenbach/Baden-Württemberg

